

Resum

Aquest projecte es basa en l'estudi i anàlisi d'una instal·lació formada per tres components principals que són un camp solar, una màquina d'adsorció i un sostre radiant. L'objectiu d'aquest projecte és familiaritzar-se amb aquests components i conèixer amb més detall el comportament de cadascun d'aquests en els diferents modes de treball que presenten.

La metodologia seguida per analitzar el comportament de la màquina d'adsorció i del sostre radiant en mode fred ha estat fer un anàlisi experimental i comparar els resultats obtinguts amb les dades facilitades pel fabricant d'ambdós.

Realitzat el anàlisi en mode fred s'han realitzat una sèrie de canvis en el circuit de treball per adaptar-lo a mode calor, estudiant els canvis a realitzar tant en el circuit hidràulic com en els elements de control del sostre radiant.

Aplicats els canvis en la instal·lació s'analitza el sostre radiant en mode calor amb l'objectiu de tornar a comparar els resultats obtinguts amb les dades facilitades pel fabricant del sostre.

En aquest projecte també s'ha abordat el problema principal que presenta el camp solar de les instal·lacions on s'ha dut a terme el projecte. Es tracta del problema de pèrdua de pressió dins el circuit fet que pot provocar que la bomba del circuit es cremi. S'han plantejat diferents solucions per evitar-ho.

S'han obtingut els següents resultats, pel que fa a la màquina d'adsorció s'ha analitzat les potències de distribució del diferents circuits de temperatura, amb l'objectiu d'assolir els 7kW de fred s'han imposat unes condicions al circuit. Finalment s'ha aconseguit la potència desitjada, imposant aquestes condicions. També amb les dades recollides s'ha realitzat el anàlisi del COP de la màquina, aquests valors han estat limitats ha unes condicions de treball de la màquina, per tal d'evitar problemes en algun element de la instal·lació

Del sostre radiant a partir del gràfic de teòric de potència radiant és fa una comparació d'aquesta potència radiant en els diferents mode de funcionament, mode fred o calor, amb la potència experimental. Obtenint uns resultats similars als facilitats pel fabricant.

En el camp solar, es detecten fuites d'aigua que provoquen pèrdua de pressió i s'analitzen possibles solucions com ara la instal·lació de pressòstats o bé, la instal·lació d'un sistema d'emplenament automàtic del circuit. Ambdues solucions només s'han analitzat, però la seva implantació no es produirà de moment.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. PREFACI	6
2.1. Introducció a les instal·lacions solars tèrmiques per a la producció de fred ..	6
2.2. Introducció els sostres radiants	6
2.3. Origen del projecte.....	7
2.4. Motivació	8
2.5. Requeriments previs	8
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1. Objectius del projecte	9
3.2. Abast del projecte	9
4. COMPONENTS I DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	10
4.1. Descripció general de la instal·lació i de les oficines a climatitzar.....	10
4.2. Components i descripció del camp solar.....	11
4.2.1. Components hidràulics del camp solar.....	11
4.2.2. Descripció del camp solar	11
4.3. Components i descripció de la màquina d'adsorció i recoolers.....	13
4.3.1. Components de la màquina d'adsorció i recoolers	13
4.3.2. Descripció de la màquina d'adsorció i recoolers	13
4.4. Components i descripció del sostre radiant	16
4.4.1. Components del sostre radiant	16
4.4.2. Descripció del sostre radiant.....	16
4.5. Elements de control	18
4.5.1. Control del camp solar	18
4.5.2. Control circuit màquina d'adsorció.....	18
4.5.3. Control sostre radiant	20
5. ANÀLISIS DE LA INSTAL·LACIÓ (MODE FRED)	23
5.1. Anàlisi funcional de la màquina d'adsorció.....	23
5.1.1. Operació de manteniment i posada a punt.....	23
5.1.2. Anàlisi funcional.....	23
5.2. Anàlisi funcional del sostre radiant (mode fred)	32

5.2.1. Recollida i tractament de dades	32
5.2.2. Anàlisi funcional	35
5.3. Camp solar problemes que presenta i possibles solucions.....	40
5.3.1. Problemes	40
5.3.2. Possibles solucions.....	41
6. CANVIS I ANÀLISIS DE LA INSTAL·LACIÓ (MODE CALOR) _____	47
6.1. Anàlisi de canvis a realitzar	47
6.1.1. Canvis elements hidràulics	47
6.1.2. Canvis elements de control	57
6.2. Anàlisi funcional del sostre radiant (mode calor)	59
6.2.1. Recollida i tractament de dades	60
6.2.2. Anàlisi funcional	61
CONCLUSIONS _____	64
AGRAÏMENTS _____	66
BIBLIOGRAFIA _____	67
Referències bibliogràfiques.....	67
Bibliografia complementària.....	68

ANNEX

1. Glossari

Per poder entendre millor aquest projecte i facilitar la seva lectura, convé prèviament definir una sèrie d'abreviatures i definicions:

- **ACS:** Aigua calenta sanitària/Adsorption chiller system.
- **COP:** coeficient de rendiment (*coefficient of performance*).
- **HT:** Temperatura alta.
- **Kv i Kvs:** es defineix com el cabal en m³/h que ha de passar per la vàlvula per produir una pèrdua de càrrega d'1 bar. També es defineix i es fa servir com a valor per a la selecció de les vàlvules el Kvs que és el Kv quan està totalment oberta.
- **LT:** Temperatura baixa.
- **MT:** Temperatura mitja.
- **PEX:** Polietilè reticulat.
- **Silicagel:** és una forma granular, vítria i porosa de diòxid de silici. Està feta sintèticament a partir de silicat de sodi. La silicagel és dura i forta. Com a curiositat és comú trobar-la en forma de petites esferes envasades en bosses transpirables.

2. Prefaci

2.1. Introducció a les instal·lacions solars tèrmiques per a la producció de fred

L'avanç tecnològic dels equips i sistemes d'energia solar tèrmica ha suposat en els últims anys la consolidació d'aquesta font d'energia renovable.

La utilització d'aquesta font d'energia renovable, ens permet estalviar en energia i reduir de forma notable les emissions de CO₂ a l'atmosfera, fet que suposa una disminució dels efectes del canvi climàtic. Les aplicacions més comunes en sistemes de energia solar tèrmica són:

- Producció d'Aigua Calenta Sanitària (ACS)
- Sistemes de calefacció
- Climatització de piscines

L'estalvi energètic que aporten els sistemes d'energia solar tèrmica pot veure's notablement augmentat en aquelles aplicacions on la demanda tèrmica coincideix precisament amb la major radiació solar.

En aquest sentit, la climatització o "fred solar", planteja una alternativa atractiva per reduir de forma notable el consum energètic de climatització en períodes d'estiu. Aquest consum, s'ha incrementat exponencialment en els últims anys degut a l'expansió de sistemes d'aire condicionat, sistemes amb un consum elèctric molt elevat.

Tant és així, que l'any 2006 es va produir un canvi històric en la demanda d'energia a Catalunya i també a Espanya en dates similars. I és que el pic màxim de demanda que sempre s'havia produït a l'hivern va passar a tenir lloc a l'estiu, la qual cosa prova l'important pes que tenen els sistemes de climatització en la societat actual.

De les diferents tecnologies per a la producció de fred, la tecnologia basada en l'adsorció destaca per la seva fàcil adaptació a sistemes d'energia solar per a baixa/mitjana temperatura, com ara instal·lacions d'energia per la producció d'ACS o calefacció amb captadors solars plans ja existents.

2.2. Introducció els sostres radiant

El sostre radiant és un sistema de climatització revolucionari, el més sostenible i eficient

aplicat des dels anys 50 en milers d'instal·lacions.

És habitual trobar instal·lat terra radiant per calefacció i sostre fred per climatització a l'estiu, per evitar el problema d'estratificació, és a dir, el problema de l'acumulació del calor de calefacció o fred de climatització en la zona del terra radiant o en el sostre radiant respectivament. Ja que en el cas de terra radiant l'aire calent puja per gravetat i en el cas del sostre radiant l'aire fred cau per gravetat. Aquest és el principal problema en els sistemes que funcionen per convecció.

Aquest sistema de calefacció/refrigeració radiant és un sistema poc conegut a la Península, però es tracta d'un dels sistemes de transmissió de calefacció/refrigeració més eficients que existeixen, aconseguint elevats estalvis d'energia. Aquest tipus de calefacció/refrigeració està basat en la transmissió de calor per radiació.

El funcionament en mode calefacció és molt simple: el sostre radiant s'escalfa mitjançant aigua calenta i irradia energia per tota la sala. En entrar en contacte amb el cos humà o amb els objectes, aquesta energia es transforma en poder calorífic.

Pel que fa al funcionament en mode refrigeració és similar, però en aquest cas l'aigua que hi circula pel sostre és freda.

Els sostres radiants segons en quin mode estiguin treballant, calefacció o refrigeració, presenten certes avantatges i inconvenients.

El sostre radiant depenent de quin mode estigui funcionant, mode fred o mode calor, presenta alguns pros i contres, però bàsicament el sostre funcionant en mode fred no presenta el problema d'estratificació, problema que sí presenta aquest funcionant en el mode calefacció.

Amb els panells de sostre radiant s'aconsegueix una temperatura homogènia en tot el recinte, sense moviment d'aire i sense sorolls, com passa en els sistemes que impulsen aire.

2.3. Origen del projecte

El sistema estudiat està muntat a les instal·lacions de l'empresa RDmes, a l'Institut Politècnic Campus Terrassa (Ctra. N-150, km 14,5). Aquest projecte que rep el nom de FRED SOL va ser dut a terme per un conjunt de sis empreses col·laboradores i es va finalitzar al novembre del 2010.

La investigació i desenvolupament tècnic va ser dut a terme per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i RDmes. RDmes és un spin-off de la UPC dedicat a l'estandardització de processos d'enginyeria amb energies renovables.

L'assessorament tècnic i els components van ser proveïts pels socis industrials Modulo Solar, fabricant de captadors solars, Sortech, fabricant de refrigeradors d'adsorció, i Giacomini, fabricant de productes de regulació de sistemes de calefacció i refrigeració.

També es va rebre assessorament i ajuda a la instal·lació del sistema per part d'Abast Energia Natural, dedicada a la planificació, enginyeria, instal·lació i manteniment de sistemes solars tèrmics i fotovoltàics.

2.4. Motivació

Aquest projecte és una oportunitat que permet aprendre més sobre el funcionament i manteniment de les diferents parts del sistema (captadors solars, màquina d'adsorció i sostre radiant). També ofereix la possibilitat de fer modificacions sobre aquest amb l'objectiu de que el sistema pugui ser utilitzat tant en mode fred com en mode calor.

2.5. Requeriments previs

Prèviament, ha fet falta familiaritzar-se amb les diferents parts del sistema. Primer s'han llegit els manuals subministrats pels fabricants de les diferents parts del sistema i s'ha fet una recerca de informació complementària. Per finalitzar, abans de realitzar la fase d'experimentació d'aquest projecte, s'ha fet una posta a punt de la màquina d'adsorció i s'han revisat els paràmetres inicials d'aquesta.

3. Introducció

3.1. Objectius del projecte

Aquest projecte presenta una sèrie d'objectius com ara familiaritzar-se amb les diferents parts del sistema identificant els seus components hidràulics i de control. Tant per a la màquina d'adsorció ACS08 (SorTech) com per al sostre radiant (Giacomini), es realitzarà un anàlisi funcional amb l'objectiu de comparar els resultats obtinguts amb les dades facilitades pels fabricants.

Un altre objectiu ha aconseguir durant la realització d'aquest projecte serà trobar una solució als possibles problemes que presenta el camp solar deguts a pèrdues de pressió.

Per finalitzar el projecte s'analitzaran els canvis a fer en el sistema pel seu funcionament en mode calor, tant canvis a nivell d'elements hidràulics com canvis en els sistemes de control. Es modelitzarà aquest mode amb l'aportació de calor mitjançant l'ús de resistències elèctriques. Per acabar es farà un anàlisi funcional del sostre radiant en mode calor amb l'objectiu de comparar els resultats obtinguts amb les dades facilitades pel fabricant.

3.2. Abast del projecte

Aquest projecte permetrà conèixer millor el funcionament de la màquina d'adsorció i les condicions ideals de treball d'aquesta. També es coneixerà el comportament del sostre i finalment s'adaptarà la instal·lació a mode de calor to realitzant una sèrie de canvis en els elements hidràulics i de control de la instal·lació. Un altre punt que s'estudiarà serà implantar una possible solució als problemes de pressió que poden sorgir en el camp solar.

4. Components i descripció de la instal·lació

4.1. Descripció general de la instal·lació i de les oficines a climatitzar

La instal·lació està constituïda per tres components principals: captadors solars, màquina d'adsorció ACS08 i un sostre radiant. Cadascun d'aquest components tenen diferents funcions en la instal·lació.

Pel que fa els captadors solars s'encarreguen de captar la radiació solar amb la finalitat d'escalfar aigua i emmagatzemar-la en un tanc que la distribueix a la màquina d'adsorció un cop s'han assolit els paràmetres introduïts en aquesta.

La màquina d'adsorció, mitjançant un procés d'adsorció, fenomen fisicoquímic que consisteix en la formació d'una capa de gas, de líquid o de sòlid sobre la superfície d'una substància sòlida, refreda l'aigua que li arriba del tanc i l'envia a un altre tanc de dimensions més reduïdes on s'emmagatzema fins que el sostre radiant passa a estar operatiu, fet que provoca que aquesta aigua mitjançant una bomba s'envii a través d'aquest sostre i es refredi l'ambient de la sala.



Figura 1. Sala de màquines de la instal·lació

A l'annex s'adjunta un plànol de l'esquema hidràulic de tota la instal·lació.

Les oficines a climatitzar consten de dues sales amb una extensió aproximada de 80m², entre les dues. Alguns aspectes que s'han de tenir en compte a l'hora d'experimentar són l'antiguitat de l'edifici i la poca qualitat dels materials utilitzats en la seva construcció, també cal tenir en compte que és un edifici d'una sola planta i que la radiació solar incideix directament sobre el sostre d'aquest.

4.2. Components i descripció del camp solar

4.2.1. Components hidràulics del camp solar

Component	Model	Unitats
Captadors solars plans	Maxol 2.0S	15
Bomba hidràulica	Grundfos UPS 100 25-60	1
Conjunt de canonades	Ø28/26mm	-
Tanc solar	MS 1000 Vs	1

Taula 1. Components hidràulics del camp solar

4.2.2. Descripció del camp solar

El camp solar està format per un conjunt de 15 captadors solars plans connectats en paral·lel tres grups de cinc captadors en sèrie i amb una àrea d'absorció útil total de 27,6 m². Es troben situats a una explanada just al costat de les oficines.



Figura 2. Camp solar instal·lacions Rdmes

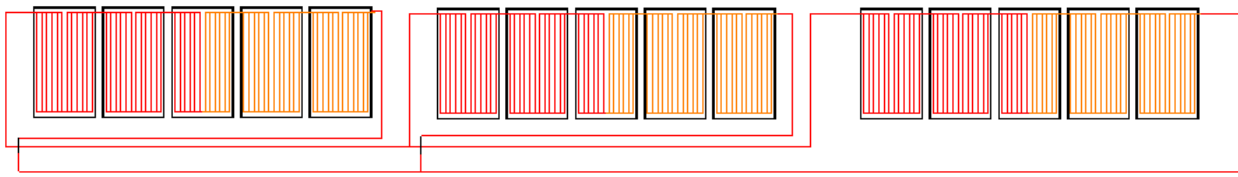


Figura 3. Esquema conexionat captadors solars

Per aquests captadors solars i circula aigua mesclada amb propilenglicol, aquest últim fluid s'afegeix per evitar que l'aigua en èpoques hivernals, on les temperatures poden arribar fins als -8°C aproximadament, es congeli i faci malbé la instal·lació. D'altra banda, també aporta propietats anticorrosives a la instal·lació.

L'energia tèrmica assolida al camp solar es transportada pel fluid caloportador al tanc solar amb una capacitat de 1000 litres. És important que aquesta temperatura no assoleixi mai temperatures superiors als 95°C , ja que provocaria danys irreversibles al tanc. Per evitar aquest problema s'instal·la un mòdul de control del camp solar.

El tipus de circuit solar classificat segons el circuit primari, es de col·lectors d'aigua amb circulació forçada, circuit tancat i amb intercanviador al interior del tanc solar, tal com mostra l'esquema de la Figura 4.

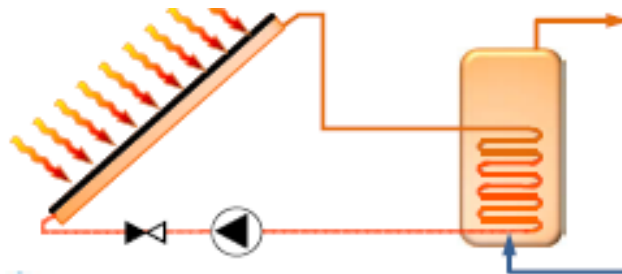


Figura 4. Esquema circuit primari

El tanc solar disposa també de dues resistències elèctriques per escalfar l'aigua interior sense fer ús del camp solar amb una potència total de 15kW. D'aquesta manera es poden realitzar proves experimentals posant en marxa el sistema sense tenir que dependre tant de la climatologia i es poden imposar condicions de temperatura desitjades.

4.3. Components i descripció de la màquina d'adsorció i recool

4.3.1. Components de la màquina d'adsorció i recool

Component	Model	Unitats
Màquina d'adsorció	SorTech ACS08	1
Bombes hidràuliques	Wilo stratos 25/1 – 6	1
	Wilo stratos 25/1 – 8	1
Conjunt de canonades	Ø28/26mm	-

Taula 2. Components de la màquina d'adsorció

Component	Model	Unitats
Recool	SorTech RCS08	1
Bomba hidràulica	Wilo stratos-z 30/1 – 12	1
Conjunt de canonades	Ø 42/40mm	-

Taula 3. Components del recool

4.3.2. Descripció de la màquina d'adsorció i recool

La màquina d'adsorció ACS08 està formada per quatre cambres de processos totalment independents:

- Evaporador
- Adsorbidors 1 i 2
- Condensador

Aquestes quatre cambres es troben connectades entre elles mitjançant vàlvules de vapor de funcionament intern automàtic. Les vàlvules garanteixen que el vapor del refrigerant entri en la cambra del adsorbidor 1 o 2 o en el condensador.

L'equip treballa a tres nivells de temperatura (alta, mitja i baixa). El funcionament de la màquina es pot descriure en els següents passos:

- El calor a alta temperatura (HT) s'injecta en el adsorbidor 1. L'aigua adsorbida en el silicagel es desprèn de la superfície en forma de vapor. Aquest vapor passa a fase líquida en el condensador desprenent calor a mitja temperatura (MT) mitjançant el recooling.
- El condensat passa per gravetat al evaporador, on es vaporitza produint fred a baixa temperatura (LT). Aquest vapor d'aigua es adsorbit per el adsorbidor 2 desprenent calor a mitja temperatura (MT).
- Una vegada l'adsorbidor 2 es satura i l'adsorbidor 1 es buida, s'inverteixen els papers dels mateixos, per començar un nou cicle i s'injecta calor al adsorbidor 2.

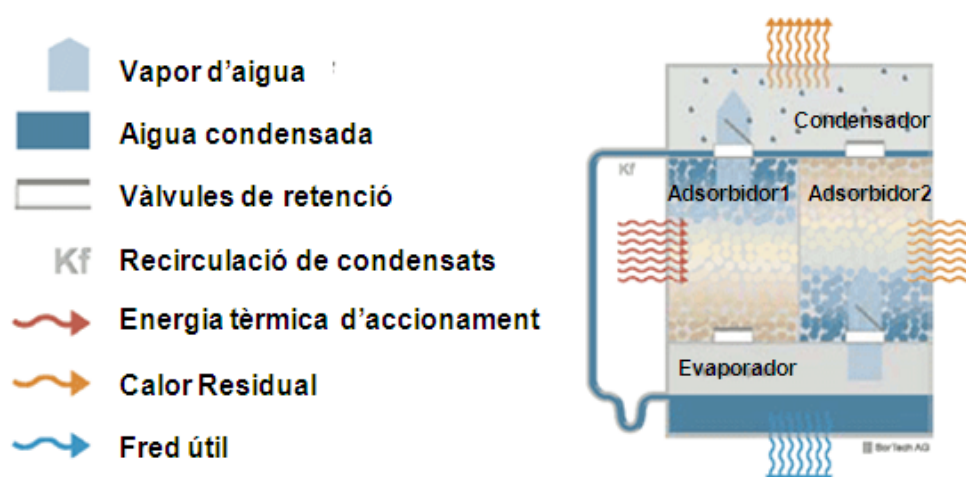


Figura 5. Principi de funcionament de la màquina d'adsorció

Tot aquest funcionament es realitza amb energia elèctrica mínima. La màquina només necessita electricitat per moure tres vàlvules de tres vies. Per a la màquina de les instal·lacions de RDmes de 8kW, es precisen tan sols 7W d'energia elèctrica.

La màquina d'adsorció pot treballar en dos modes de funcionament, tant en mode de refrigeració com en mode de calefacció.



Figura 6. Màquina d'adsorció (ACS08)

Pel que fa al recooling ha estat configurat per cobrir al 100% les necessitats especials de la màquina d'adsorció. Es tracta de un intercanviador de calor aigua-aire (aerotermos) que està connectat a l'ACS08 i situat a l'exterior de les oficines. Forma part del circuit de mitjana temperatura i la seva funció és dissipar la potència absorbida a alta i baixa temperatura per la màquina d'adsorció.

Està format per dos ventiladors que s'activen i és regulen en funció de les necessitats de la màquina. També disposa d'un sistema de ruixadors d'aigua, els quals permeten reduir la temperatura de refrigeració de retorn de forma transitòria quan la temperatura exterior de les oficines és molt elevada. Amb aquests ruixadors d'aigua, el recooling actua com una torre de refrigeració tancada, i per tant la seva temperatura límit no és la temperatura seca de l'aire exterior, sinó la temperatura de bulb humit que és més baixa. Aquest sistema treballa a una pressió de entre 1-3,5 bars, essent l'òptim 3 bars. El seu control també el realitza la màquina.



Figura 7. Recooling (RCS08)



Figura 8 .Recooler a les instal·lacions de RDmes

4.4. Components i descripció del sostre radiant

4.4.1. Components del sostre radiant

Component	Model	Unitats
Sostre radiant	GKA 60x60	220
Bombes hidràulica	Grundfos JP5-8-A-CVBP	1
Vàlvula mescladora	Giacomini K297	1
Col·lector	Giacomini R553F	1
Conjunt de canonades	Ø35/33mm	-

Taula 4. Components del sostre radiant

4.4.2. Descripció del sostre radiant

Després que la màquina d'adsorció realitzi la seva funció, l'aigua es transportada pel circuit de baixa temperatura a un tanc fred de 500 litres de capacitat. D'aquest tanc i mitjançant l'activació del sostre radiant amb uns controladors situats a les dues sales, s'activa la bomba hidràulica que transporta l'aigua a temperatures baixes, aproximadament d'uns 10-15°C, cap a l'entrada del sostre radiant que és un col·lector que s'encarrega de distribuir l'aigua pels 9 circuits del sostre. Un cop finalitzat tot el recorregut l'aigua torna cap al tanc fred amb una variació de temperatura respecte la temperatura d'entrada. Abans de l'entrada de l'aigua al

circuit de distribució, es troba una vàlvula mescladora que pot ser útil en moments en que l'aigua d'entrada tingui temperatures massa baixes. Aquesta temperatura es pot incrementar mesclant l'aigua d'entrada amb l'aigua de sortida del circuit.

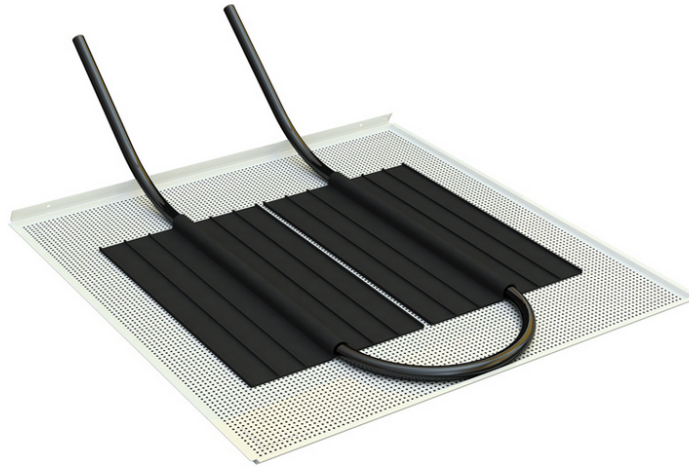
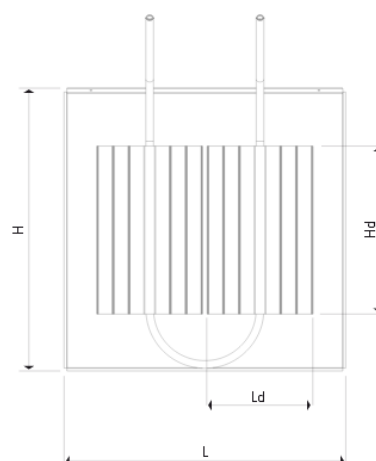


Figura 9. Placa sostre radiant

El sostre radiant de les oficines com s'ha explicat anteriorment pertany a l'empresa Giacomini. En el cas particular de les dues sales, hi han instal·lades un total de 220 unitats de sostre radiant, sent 202 unitats útils i la resta són punts per accedir a aquest sistema i també part de la il·luminació de les dues sales.

Cada placa del sostre té unes dimensions de 60cm x 60cm. Cadascuna d'aquestes està composta per un tub de PEX per on circula l'aigua a baixa temperatura, per un material aïllant que cobreix el tub i que fa d'aleta, i a més, cada placa té petites perforacions per on és produeix la dissipació de fred o calor, segons el mode funcionament.



H=575 mm	L=575 mm	L _d =220 mm	H _d =350 mm
----------	----------	------------------------	------------------------

Figura 10. Dimensions elements placa sostre

4.5. Elements de control

4.5.1. Control del camp solar

El camp solar està controlat mitjançant la unitat de control UCS-4 de l'empresa Modulo Solar. Segons el tipus de sistema hidràulic que es tingui cal fer diferents connexions. En el cas que es presenta a les oficines estudiades, es tracta d'un sistema hidràulic conegut com camp solar més depòsit. Aquesta unitat permet mesura la temperatura dels captadors del camp i la de l'interior del tanc solar.

Pel que fa al tanc solar, també s'ha integrat un sistema de seguretat al mateix mòdul UCS-4 que desconnecta l'aportació de calor al tanc quan s'arriben a uns 100-110°C en els captadors.



Figura 11. Unitat de control UCS-4 de Mòdul Solar

4.5.2. Control circuit màquina d'adsorció

Pel control del tres circuits de la màquina d'adsorció s'han instal·lat 3 controladors WMZ G1 subministrats per SorTech. Aquests controladors permeten obtenir les mesures de temperatures d'entrada i sortida de cada circuit, pressió, caudal i potència. La lectura d'aquests controladors és directa i es troben situats al costat de la màquina per facilitar-ne el control.



Figura 12. Controladors WMZ G1

D'altra banda per tal de facilitar la recollida de dades i el control des d'un equip remot s'ha instal·lat un altre dispositiu anomenat Datalogger DL2 V2.

Aquest dispositiu permet controlar les dades per un ordinador situat a qualsevol lloc de les oficines mitjançant la xarxa local.



Figura 13. Datalogger DL2 V2

En la Figura 14 es poden observar els diferents paràmetres que es poden controlar de la

màquina d'adsorció i es poden observar quins elements del circuit estan activats, com ara els ruixadors i els ventiladors del recoolers.

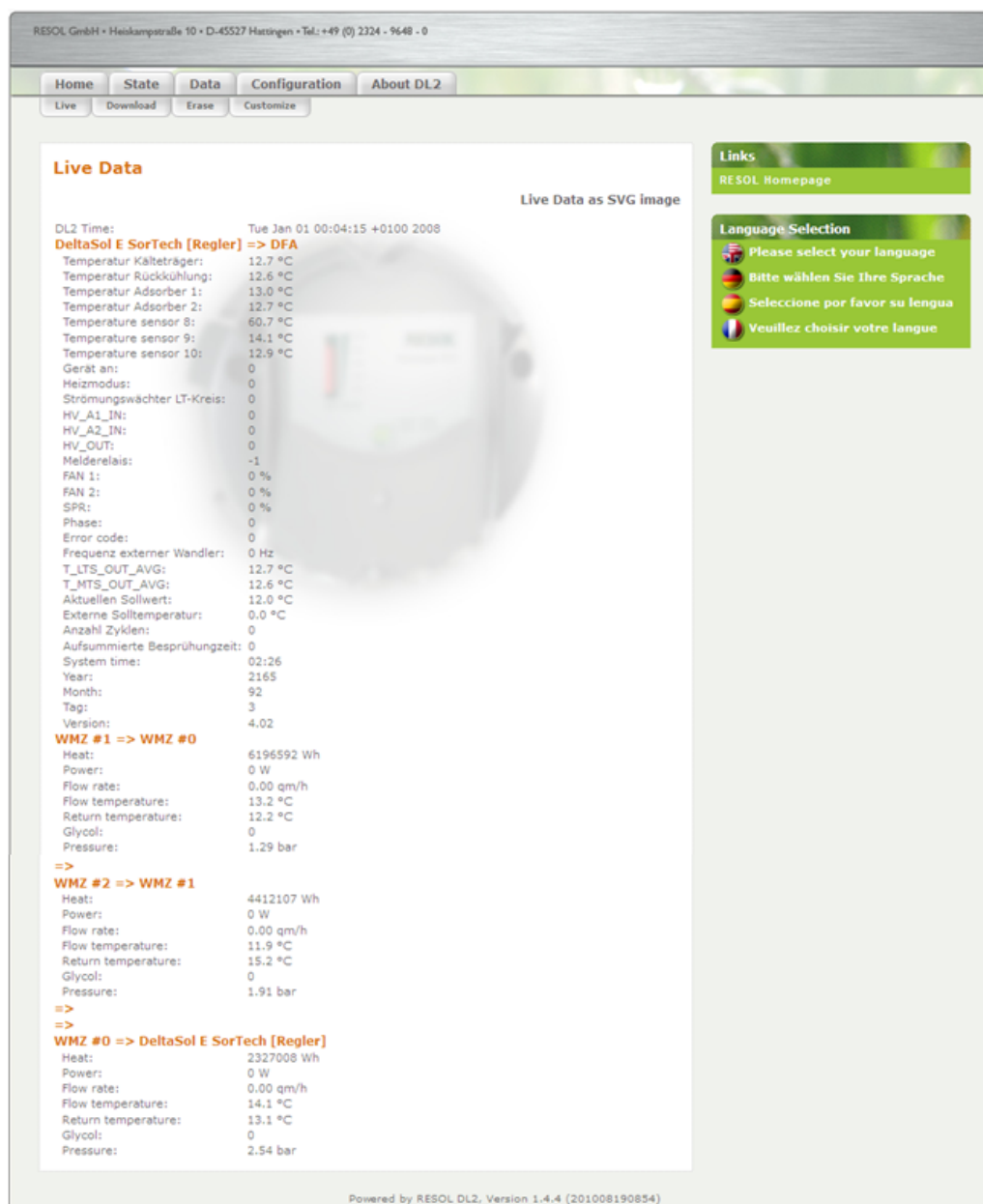


Figura 14. Dades recollides pel Datalogger mostrades per la xarxa local

Un altra avantatge d'aquest dispositiu és que permet recollir totes les dades en un full de càlcul, fet que suposa una avantatge a l'hora de fer un anàlisi funcional de la màquina.

4.5.3. Control sostre radiant

Pel control del sostre radiant el mateix fabricant, Giacomini, ha facilitat un mòdul de regulació i un termòstat per a cada sala.

El mòdul de regulació és el model KPM20, aquest permet ajustar el funcionament del sostre tenint en compte els circuits que s'activen en cada moment i també permet la selecció del mode de treball del sostre radiant, bé sigui mode de fred o mode de calefacció. Es poden introduir diferents consignes o paràmetres perquè aquest mòdul funcioni en unes condicions determinades.

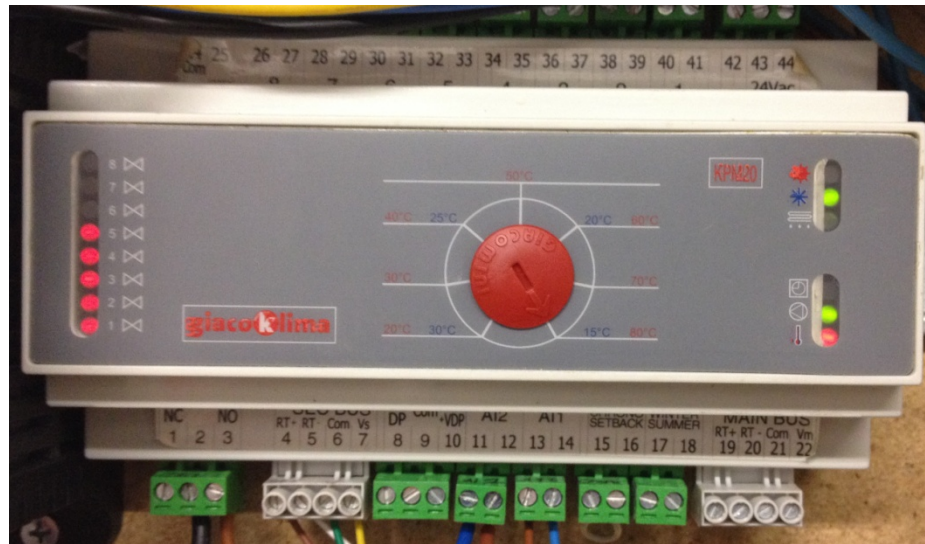


Figura 15. Mòdul de regulació KPM20

Pel que fa referència al termòstat, a les oficines de RDmes hi han dos d'instal·lats, un per a cada sala.



Figura 16. Termòstat K481 de Giacomini

Aquest termòstat permet controlar l'activació del sostre introduint una temperatura de consigna. També té la possibilitat de tres modes diferents de treball que permeten un estalvi energètic:

- El primer mode permet mantenir la sala a una temperatura determinada sense ocupació a l'interior.



Figura 17. Sense ocupació a la sala

- El segon mode es pot activar quan els treballadors de les oficines entren i surten de la sala contínuament.



Figura 18. Amb entrada i sortida del personal

- El tercer mode es pot activar quan els treballadors romanen a dins la sala i és necessari una aportació extra per part del sostre.



Figura 19. Amb personal romanent a dins la sala

Aquest termòstat presenta les dimensions especificades a la Figura 20.

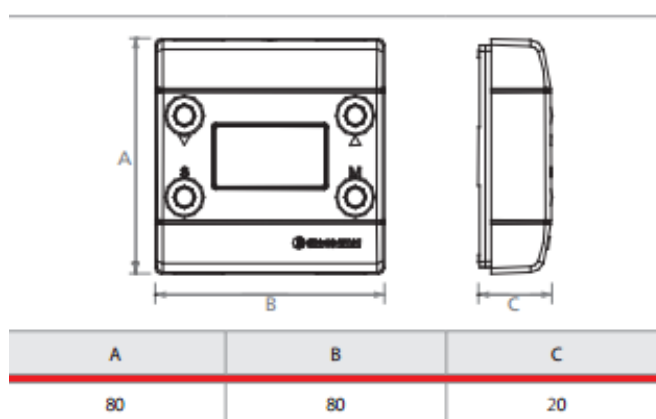


Figura 20. Dimensions termòstat K481

5. Anàlisi de la instal·lació (Mode fred)

En aquest punt es realitza un anàlisi funcional de dos dels elements més importants a la instal·lació, com són la màquina d'adsorció i el sostre radiant. Amb la finalitat d'acabar de entendre correctament el seu comportament i poder fer una comparació amb les dades facilitades pel fabricant. En aquest capítol també es tracta el tema del camp solar i un dels principals problemes que pot presentar.

5.1. Anàlisi funcional de la màquina d'adsorció

5.1.1. Operació de manteniment i posada a punt

Abans de començar l'anàlisi funcional de la màquina d'adsorció, es realitzen unes tasques de manteniment i posada a punt de la màquina, per tal de garantir un correcte funcionament d'aquesta després d'estar un cert temps aturada.

Aquestes tasques de manteniment consisteixen en fer el buit a l'interior de la màquina utilitzant l'ACS *Service Kit* i fer una primera engegada de tot el sistema amb l'objectiu d'estabilitzar-ho. Per tal de realitzar aquestes tasques de manteniment es van seguir els passos i condicions indicats pel fabricant.

5.1.2. Anàlisi funcional

Un cop realitzades totes les operacions de manteniment es pot treballar amb la màquina correctament. Durant un període d'un mes aproximadament, la màquina va estar treballant sense cap ajuda exterior, és a dir sense imposar unes condicions de treball. A mesura que s'avança en el anàlisi funcional de la màquina es possible aportar temperatura al tanc solar mitjançant les resistències interiors d'aquest, per tal d'aconseguir unes condicions de treball determinades i així poder fer comparacions amb les dades del fabricant.

En aquest període d'un mes es recullen les dades diàries utilitzant el *Datalogger*, per tal d'identificar els diferents cicles i corbes característiques de la màquina d'adsorció.

Cada cicle de funcionament de la màquina d'adsorció està format per 4 fases diferents:

- **Fase 1:** S'aplica energia tèrmica d'accionament al adsorbidor 1 (desorbidor), per tant aquest allibera el refrigerant (aigua). Al mateix temps, per l'adsorbidor 2, que està adsorbint, passa aigua refrigerant de retorn per captar el calor residual. Tant, l'energia tèrmica generada en l'adsorció com el calor de condensació del condensador s'expulsen a l'entorn a través del recool (dissipador de MT). El circuit

d'aigua freda (LT), per el que passa contínuament aigua en totes les fases, porta el calor extret del entorn al evaporador.

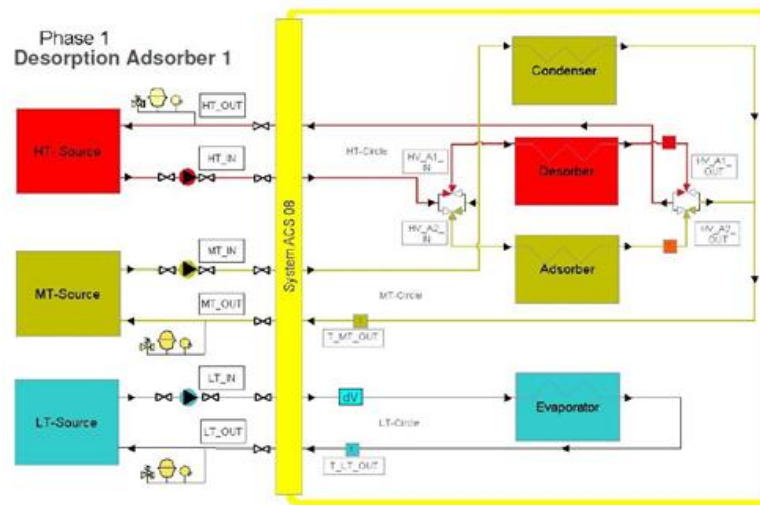


Figura 21. Fase 1 de la màquina d'adsorció

- Fase 2:** En aquesta, les vlvules d'inversió de 3 vies es posen de tal manera que per l'adsorbidor 1, desorbit en la fase anterior, ara hi passa aigua refrigerant de retorn. Però, l'energia que al principi es trobava emmagatzemada en l'adsorbidor calent no es transporta fins el dissipador de MT, sinó que "s'empeny" un cert temps fins al circuit motriu. De la mateixa manera, el retorn encara fred de l'adsorbidor 2 es segueix conduint un temps determinat al circuit del recool. Aquesta fase no finalitza fins que s'assoleix una diferència de temperatures concreta entre ambdós retorns, en aquest moment les vlvules d'inversió de 3 vies modifiquen la seva posició.

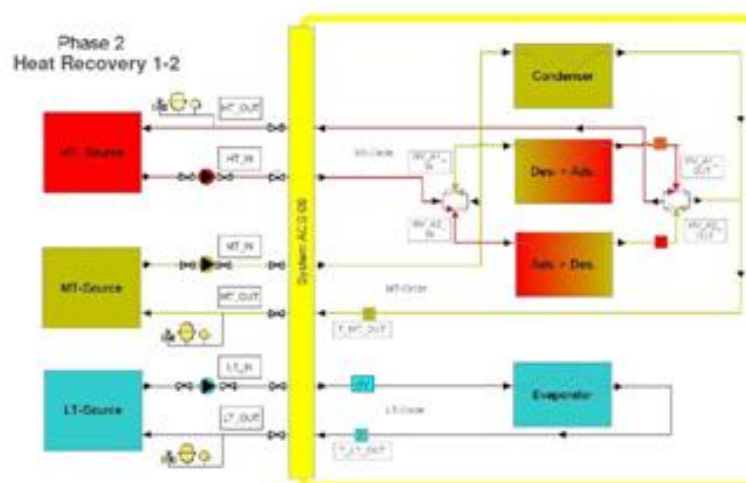


Figura 22. Fase 2 de la màquina d'adsorció

- **Fase 3:** és similar a la fase 1, però en aquest cas l'adsorbidor 2 és el que allibera el refrigerant.

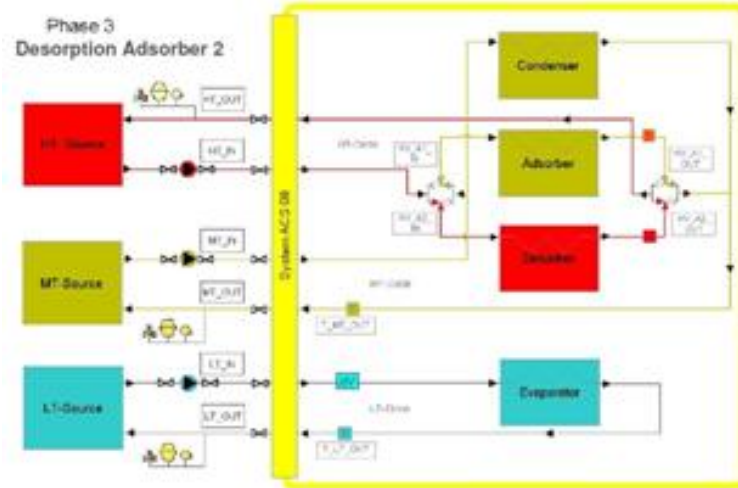


Figura 23. Fase 3 de la màquina d'adsorció

- **Fase 4:** idèntica a la fase 2 però ara per l'adsorbidor 2 hi passa l'aigua i l'adsorbidor 1 continua conduint el retorn un cert temps.

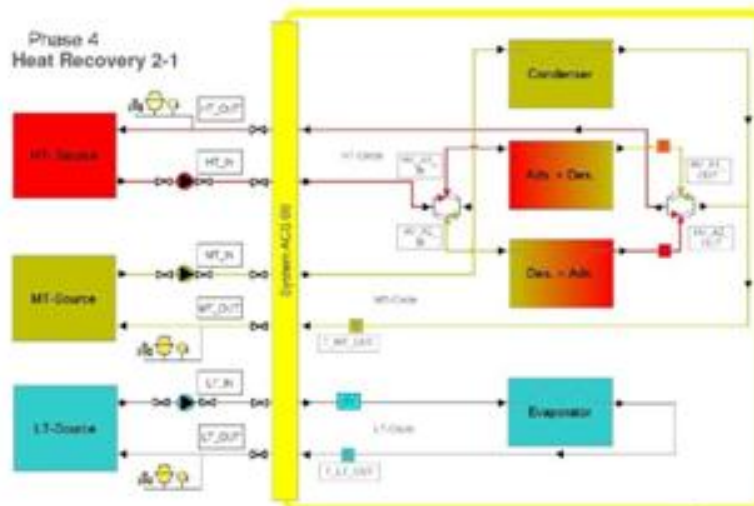


Figura 24. Fase 4 de la màquina d'adsorció

Un cop identificades les fases es poden fer els gràfics dels diferents cicles i de la distribució de potència dels tres circuits.

Per tal de realitzar el gràfic de distribució de potència s'utilitza la potència mesurada en intervals d'una hora en períodes en que la màquina ha estat funcionant.

Abans però, s'ha cercat el gràfic teòric de potència de distribució en el manual tècnic facilitat pel fabricant de la màquina d'adsorció, mostrat en la Figura 25.

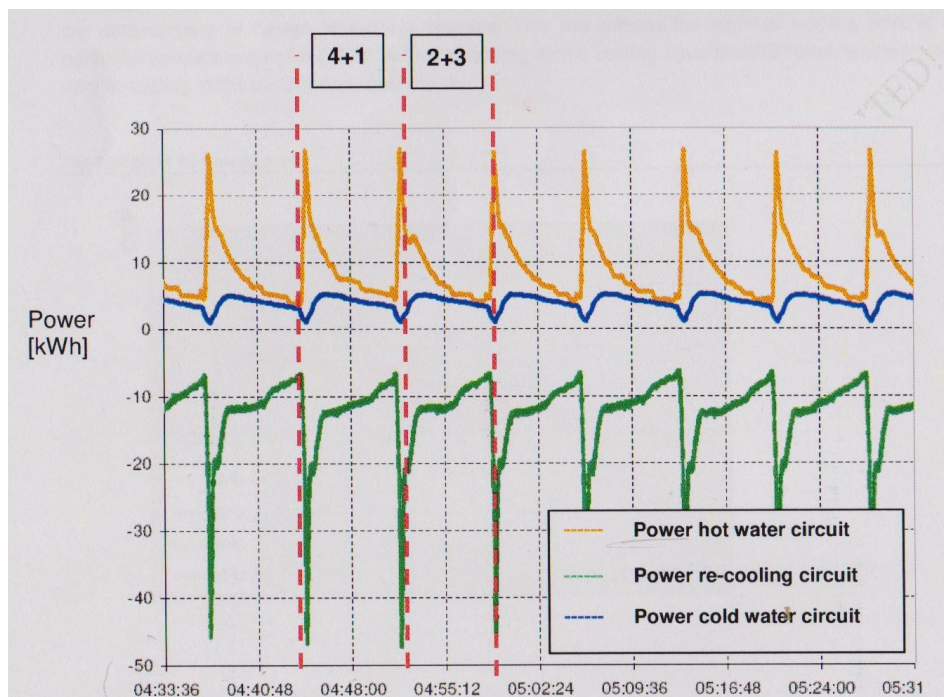


Figura 25. Gràfic teòric de potència de distribució de la màquina

En aquest gràfic s'observa la potència de distribució teòrica pels tres circuits de la màquina d'adsorció. El fabricant en aquest gràfic indica un cicle sencer de la màquina diferenciant les 4 fases de cada cicle. El temps de cada cicle és d'uns 15 minuts aproximadament. La potència de distribució del circuit fred és d'uns 5kW aproximadament segons indica la gràfica, tot i que la màquina, segons el fabricant té potència per generar 7kW de fred.

Obtingut aquest últim gràfic teòric s'intenta reproduir aquest mateix de manera experimental a les instal·lacions de RDmes.

A les Figures 25 i 26 es pot fer una comparació directa dels resultats obtinguts experimentalment de la potència de distribució de la màquina amb les dades teòriques facilitades pel fabricant.

La Figura 26 correspon a la gràfica experimental obtinguda de la potència de distribució, quan la màquina ha assolit un règim estacionari, i per tant quan es poden analitzar i comparar els resultats.

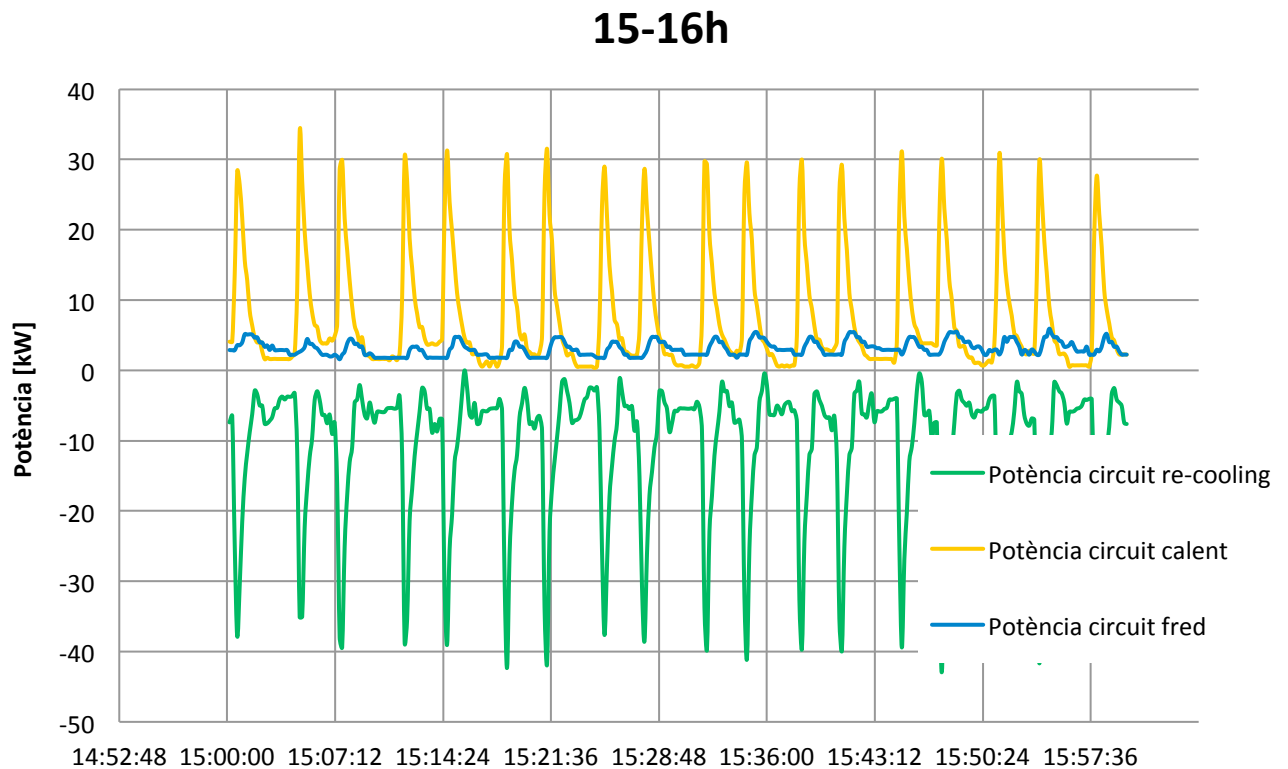


Figura 26. Gràfic potència de distribució, dia 10/09/2014

A l'annex s'adjunten totes les dades recollides i gràfics realitzats durant tot el període experimental d'aquest anàlisi.

Pel que fa el anàlisi del resultats obtinguts, es pot observar que hi han diferències significants entre ambdós gràfics. En el gràfic experimental s'observen que els cicles són més curts, és a dir, el pas per les 4 fases de funcionament de la màquina d'adsorció es produeixen en intervals de temps més petits. Fet que suposa que la màquina no acabi de funcionar tal i com indica el fabricant.

Es pot observar també que la potència del circuit fred no arriba ha assolir els 7 kW de fred, que segons el fabricant hauria de generar la màquina en unes condicions estacionaries. Els valors que s'obtenen experimentalment són entre uns 4,5 - 5 kW de fred produït.

Possiblement totes aquestes variacions es produeixen degut a diferències en les condicions de treball de la màquina.

Per tant, amb l'objectiu d'aconseguir treballar en unes condicions similars a les que possiblement hagués treballat el fabricant per obtenir les seves gràfiques, s'activen les

dues resistències del tanc solar durant un període de temps diari a fi de que la temperatura d'aquest sigui d'uns 80°C constantment.

Durant tot aquest període d'activació de les resistències es controla que la temperatura del tanc solar no sobrepassi mai els 90°C, per evitar que es comencin a produir danys irreversibles a dins del tanc.

Amb l'activació de les dues resistències s'aconsegueix l'augment de temperatura desitjat i també que la temperatura baixa del circuit (LT) a la sortida de la màquina d'adsorció, també, entrada del sostre radiant sigui d'uns 15°C. Valor que posteriorment serà important alhora de fer anàlisis del COP de la màquina.

Adaptades les noves condicions de treball i en el moment que la màquina ha assolit un règim estacionari es comencen a recollir més dades complementàries a les anteriors, també incloses a l'annex d'aquest projecte.

Pel que fa els nous gràfics de potència de distribució en aquestes condicions s'obtenen els resultat següents.

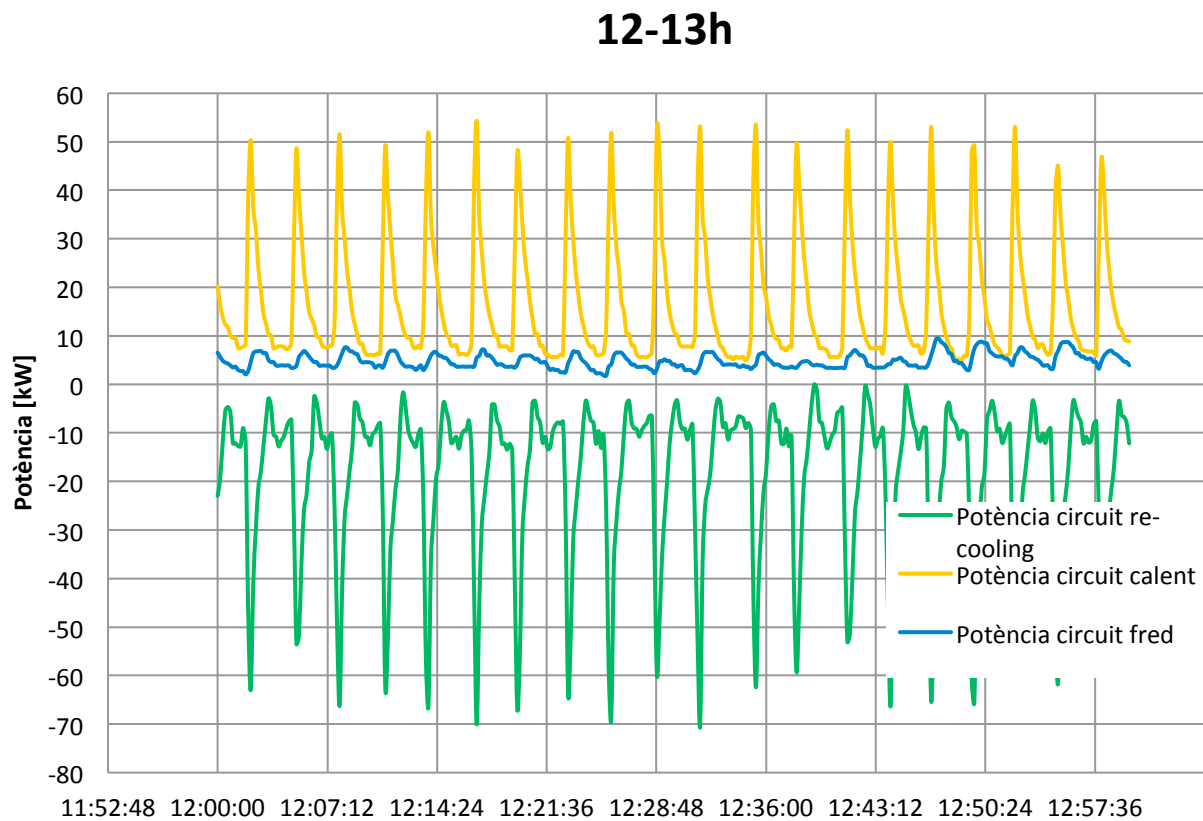


Figura 27. Gràfic potència de distribució amb resistències del tanc activades, dia 8/10/2014

En la Figura 27 anterior s'observa el gràfic potència de distribució amb les noves condicions de funcionament imposades a través de les dues resistències del tanc solar. Per tal d'arribar ha assolir aquestes condicions la màquina ha d'haver estat funcionant prèviament durant 2-3 hores, amb l'objectiu d'assolir el règim estacionari a tot el circuit complet. Per aquest motiu es considera que una bona franja horària per mostrar el gràfic de distribució de potència i per tant el funcionament de la màquina, és la franja de 12 a 13 hores on la màquina ja ha assolit el règim estacionari, i per aquest motiu possiblement les dades siguin més similars a les teòriques.

A la vista dels resultats obtinguts a partir del gràfic i en aquestes noves condicions de treball, es pot afirmar que el número de cicles continua sent major que en els gràfics facilitats pel fabricant, la durada d'aquests cicles continua estant al voltant del 7 minuts.

Fent referència a la potència de fred, amb la imposició d'aquestes noves condicions el que si que s'ha aconseguit és millorar la potència de fred del circuit. Obtenint-ne valors d'entre 7 i 8 kW de potència. Valors que s'assimilen als 7kW de potència que indica el fabricant de la màquina d'adsorció.

D'altra banda, s'estudia el COP de la màquina en unes condicions determinades, per tal de que els resultats obtinguts pugin ser comparats amb els facilitats pel fabricant. Aquestes dades determinades han estat:

- Aplicació per a sostre radiant.
- T_LT IN/OUT: 18°C/14,5°C
- Cabals determinats per cada circuit:
 - Q_HT: 1600l/h
 - Q_MT: 3700l/h
 - Q_LT: 2000l/h

Aquests últims s'han regulat mitjançant la utilització de cabalímetres i aquests cabals s'han comprovat utilitzant el cabalímetre d'ultrasons Fluxus, de Flexim® (instrument de mesura explicat amb més detall en el punt 5.2.1 d'aquest projecte).

El tractament de les dades recollides per calcular el COP ha estat el següent.

S'han recollit dades de dos períodes diferents a l'Agost i al Setembre. De les dades recollides s'han analitzat aquelles en que la màquina estava funcionant en un règim estacionari per evitar problemes de transitorietat, és a dir, s'ha observat que la potència freda i calenta romangués constant. Les dades es diferencien en intervals de 30 minuts i de les dades recollides en aquests intervals s'extreu un valor mig per les diferents variables, que són TM_IN, TH_IN, Q_c i Q_H.

Per realitzar la gràfica del COP en funció de la temperatura mitja d'entrada (TM_IN), s'han agafat dels diferents dies punts on la màquina ha tingut un comportament en règim estacionari. I s'ha calculat el COP utilitzant l' (Equació 1).

$$COP = \frac{Q_C}{Q_H} \text{ (Equació 1)}$$

On Q_c i Q_H són les potències freda i calenta de la màquina.

A continuació, a la Figura 28, es té la gràfica teòrica del COP en funció de la temperatura mitja d'entrada (T_MT_IN) per a diferents valors de temperatura del circuit calent (T_HT), facilitada pel fabricant de la ACS08.

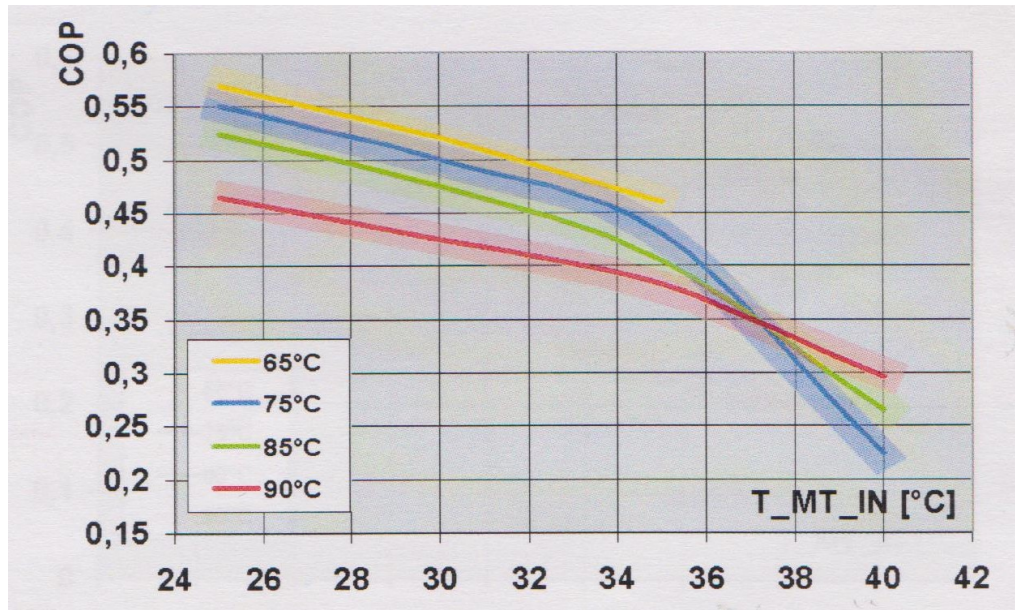


Figura 28. Gràfic teòric del COP en funció de T_{MT_IN}

En aquest gràfic s'observen els diferents punts de treball de la màquina, segons les condicions en les quals s'estigui treballant. En aquest projecte s'ha evitat treballar amb temperatures del circuit calent superiors als 80°C, per tal d'evitar problemes en el tanc solar. D'aquesta manera, d'aquest últim gràfic només es tindran en compte les temperatures del circuit calent de entre 65°C i 75°C. En el cas que s'obtinguin valors pròxims aquests s'aproximaran a 65°C o 75°C depenent de quin sigui el seu valor més proper. Per tant es divideixen els punts obtinguts en aquest dos casos.

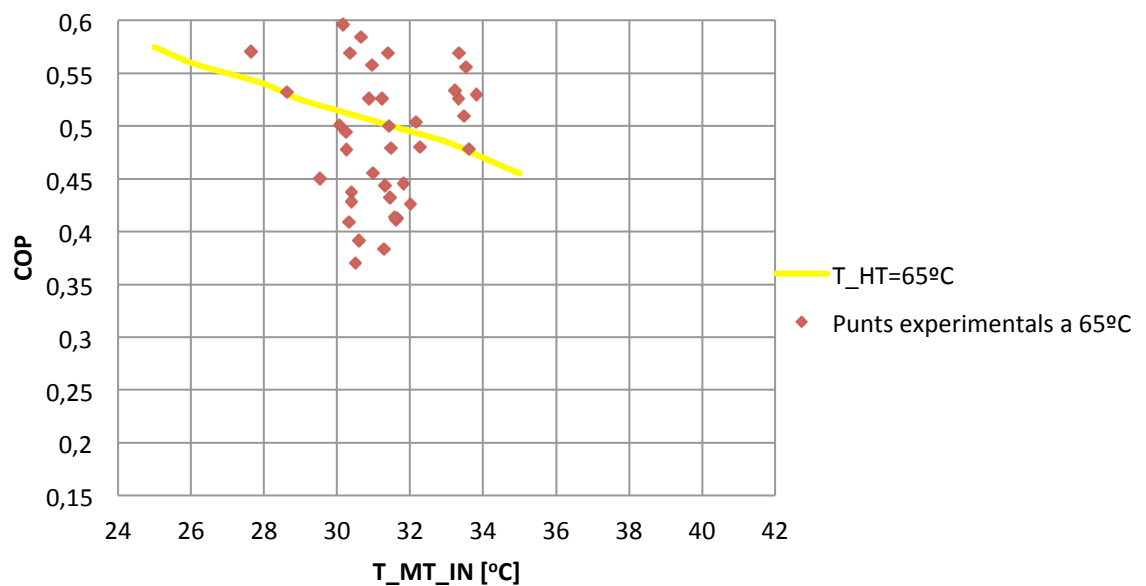


Figura 29. Gràfica del COP en funció de la temperatura mitja d'entrada, per valors de T_{HT} a 65°C

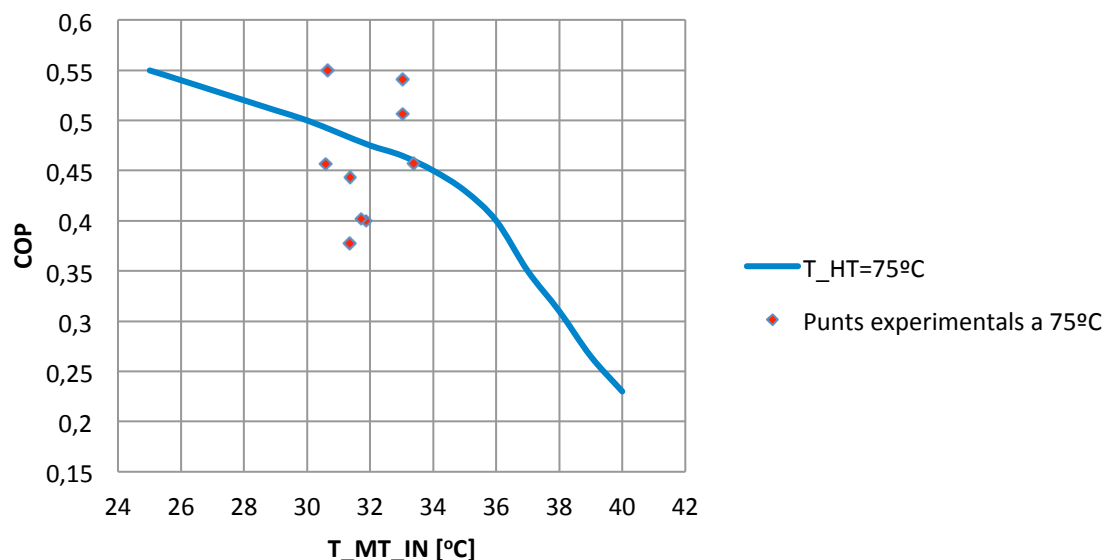


Figura 30. Gràfica del COP en funció de la temperatura mitja d'entrada, per valors de T_{HT} a 75°C

S'observa en les Figures 29 i 30 com els punts de treball es troben concentrats a la mateixa T_{MT_IN} , això es degut a que el circuit del recooler sempre treballa en les mateixes condicions. Un altre fet que provoca aquests valors del COP és que el tanc solar per tal de no arribar a temperatures elevades que propicien l'ebullició del fluid, treballa sempre a temperatures d'uns $65\text{--}75^{\circ}\text{C}$.

A partir dels resultats obtinguts en aquest anàlisi de la màquina d'adsorció podem concloure que els valors del COP obtingut són pròxims als valors facilitats pel fabricant. S'hauria de treballar en unes altres condicions de temperatura, per tal de veure, que realment s'obtenen els valors del COP que corresponen a cada temperatura.

5.2. Anàlisi funcional del sostre radiant (mode fred)

5.2.1. Recollida i tractament de dades

Abans de realitzar el anàlisi funcional del sostre radiant, es recullen les diferents dades necessàries per dur a terme aquest anàlisi. Per fer aquesta recollida de dades s'utilitzen:

- Termòmetre de 4 canals
- *Fluxus F601* de Flexim®

En el termòmetre de 4 canals es recullen les dades de 4 temperatures de diferents posicions del circuit en una targeta SD, que després s'introdueixen en els fulls de càlcul

corresponents.



Figura 31. Canals del termòmetre



Figura 32. Termòmetre de 4 canals

Aquestes mesures han estat les següents, pel canal 1 s'ha recollit la temperatura ambient de la sala, el canal 2 ha recollit la temperatura del sobre sostre. D'altra banda, els canals 3 i 4 han recollit temperatures d'entrada i sortida de l'aigua al sostre radiant, mesurades a sobre de les canonades amb uns sensors, ja que és impossible mesurar directament la temperatura del fluid.

El *Fluxus F601* és un producte de Flexim® que permet realitzar diverses mesures utilitzant un sistema d'ultrasons. En aquest cas s'ha utilitzat per fer la medició de cabals i per comprovar que les lectures fetes amb el termòmetre de 4 canals eren similars. A la Taula 5 es pot observar la fitxa tècnica d'aquest aparell de mesura.

FLUXUS® F601: Fluxòmetre multifuncions portàtil	
Canals de flux	2
Temperatura operativa del transmissor	Des de -10°C fins a +60°C
Grau de protecció	NEMA 4X / IP65 d'acord amb EN60529
Cas de transport	NEMA 6 / IP67 d'acord amb EN60529
Bateria	Li-Ion, 7.2 V/4.5 Ah, > temps operatiu 14 hores
Entrades y salidas	
Versió estàndard	Sortides: 2 x corrent, 2 x binaries
Versió energètica	Entrades: 2 x Pt 100 / Pt1000 Sortides: 2 x corrent, 2 x binaries
Versió energètica suplent	Entrades: 4 x Pt 100 / Pt1000 Sortides: 2 x corrent, 2 x binaries
Versió multifunció	Entrades: 2 x Pt 100 / Pt1000, 2 x corrent Sortides: 4 x corrent, 2 x binaries
Media temperatura	-40°C ... 200°C
Rang diàmetre tub	10 mm ... 12.000 mm
Rang velocitat del flux	0,01 ... 25 m/s
Precisió de la mesura	±1.6 % de lectura ±0.01 m/s (estàndard) ±1.2 % de lectura ±0.01 m/s (calibració extensa) ±0.5 % de lectura ±0.01 m/s (camp calibrat)

Taula 5. Fitxa tècnica Fluxus F601



Figura 33. Fluxus® F601

A l'annex s'adjunten les dades recollides de tot aquest anàlisi.

Per tal de fer un correcte tractament de les dades s'estipulen uns criteris a l'hora de recollir aquestes dades. S'ha decidit agrupar les mesures en intervals de 15 minuts fent la mitja de les temperatures obtingudes en cada interval. Com s'observa en el següent punt del projecte, s'ha decidit considerar uns 15-30 minuts aproximadament abans de començar a recollir cap dada, per evitar recollir dades errònies pel fet que el sostre no estigui treballant en un règim estacionari. Tot el tractament de dades es fa seguint les fórmules i criteris facilitats pel fabricant, per tal que els resultats siguin el màxim de similars possibles. En el cas de l'àrea total útil del sostre s'ha fet alguna suposició en una primera fase d'experimentació que és vàlida, d'ara en endavant, per a tot el anàlisi funcional del sostre radiant.

5.2.2. Anàlisi funcional

L'objectiu principal d'aquest punt és fer una comparativa de les dades donades pel fabricant i les obtingudes experimental intentant reproduir la mateixa gràfica que s'ha facilitat per part del fabricant. A la Figura 34 es mostra la corba de potència teòrica radiant del sostre GKA-60.

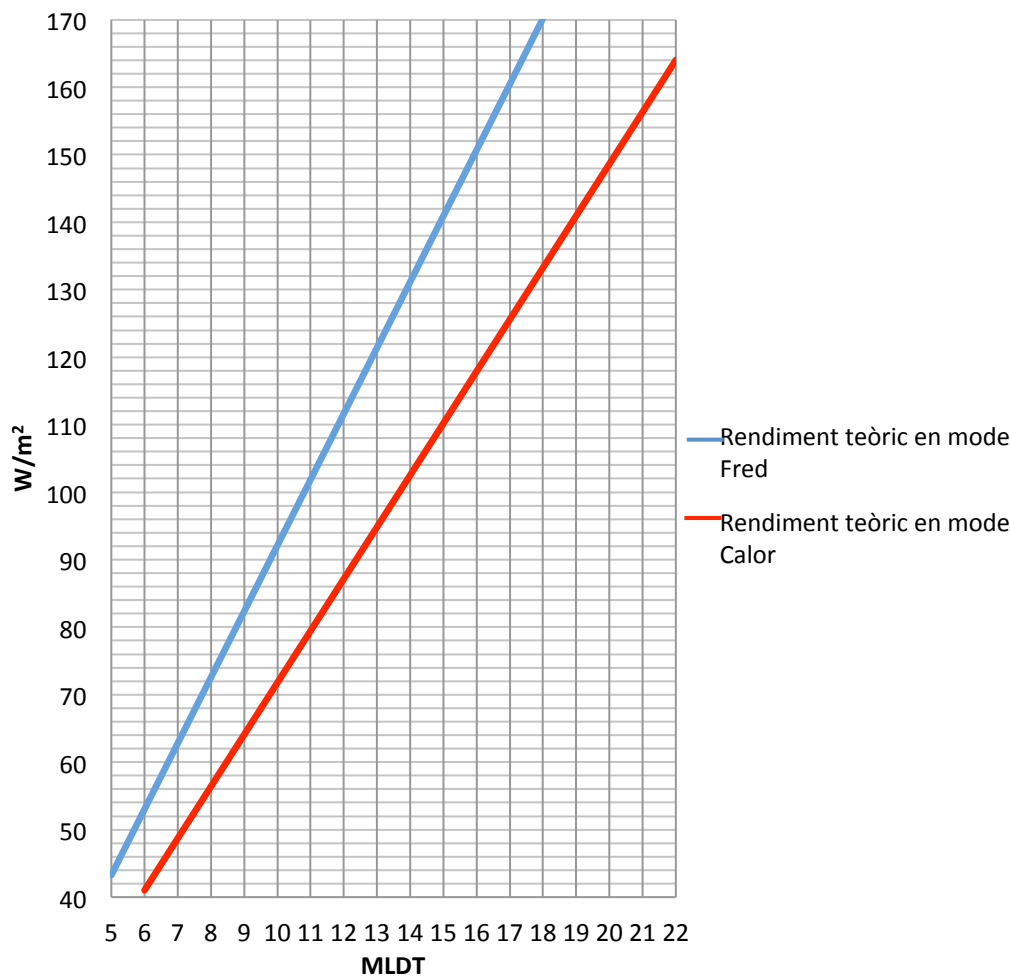


Figura 34. Corba potència teòrica radiant del sostre

Aquesta potència es dóna per àrea de superfície instal·lada (W/m^2) a partir de la mitjana logarítmica de la diferència de temperatures entre l'aigua i l'ambient.

MLDT és la mitjana logarítmica de la diferència de temperatures, en anglès DTML, i la seva expressió és la que es mostra a l'Equació 2.

$$MLDT = \frac{T_{ret} - T_{imp}}{\ln \left(\frac{T_{amb} - T_{imp}}{T_{amb} - T_{ret}} \right)} \quad (\text{Equació 2})$$

On, T_{ret} és la temperatura de retorn del fluid després de passar pel sostre radiant; T_{imp} la temperatura d'impulsió del fluid al sostre refrigerant i T_{amb} la temperatura ambient a la sala.

En el cas de les oficines RDmes l'àrea útil de cada placa de sostre radiant és de $0,23 \text{ m}^2$, considerant que es dissipa fred per l'àrea de les dues aletes que té cada placa del sostre que és cada una de $350 \times 220 \text{ mm}$ (Figura 4), més un àrea al voltant d'aquesta per on també es dissipa fred. Totes aquestes consideracions s'han fet arran d'una primera fase

d'experimentació.

Considerant que hi han 202 plaques útils, com s'ha dit anteriorment, aleshores es considera un àrea total útil del sostre de les oficines de $46,46\text{m}^2$.

D'altra banda per calcular la potència en Watts (W) dissipada pel sostre s'ha utilitzat l'Equació 3.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{Equació 3})$$

On Q és la potència dissipada, m és el cabal màssic que circula pel sostre calculat amb el Flexim® en aquest cas de 3600l/h, C_p és la capacitat calorífica de l'aigua a 20°C ($C_p=4,1813\text{J/g}^\circ\text{C}$) i ΔT és la diferència entre la temperatura d'entrada i de sortida al sostre del aigua que circula.

A continuació es mostren les dades experimentals del sostre radiant en mode fred, Taula 6:

MLDT	W/m ²
1,87	36,03
6,47	107,18
6,52	56,74
6,23	57,64
6,44	56,74
6,36	60,35
5,81	62,15
5,50	55,84

Taula 6. Dades experimentals sostre radiant mode fred

Per tal d'observar on es troben els punts de treball del sostre radiant es grafiquen els punts anteriors a sobre la corba de potència teòrica d'aquest (Figura 35).

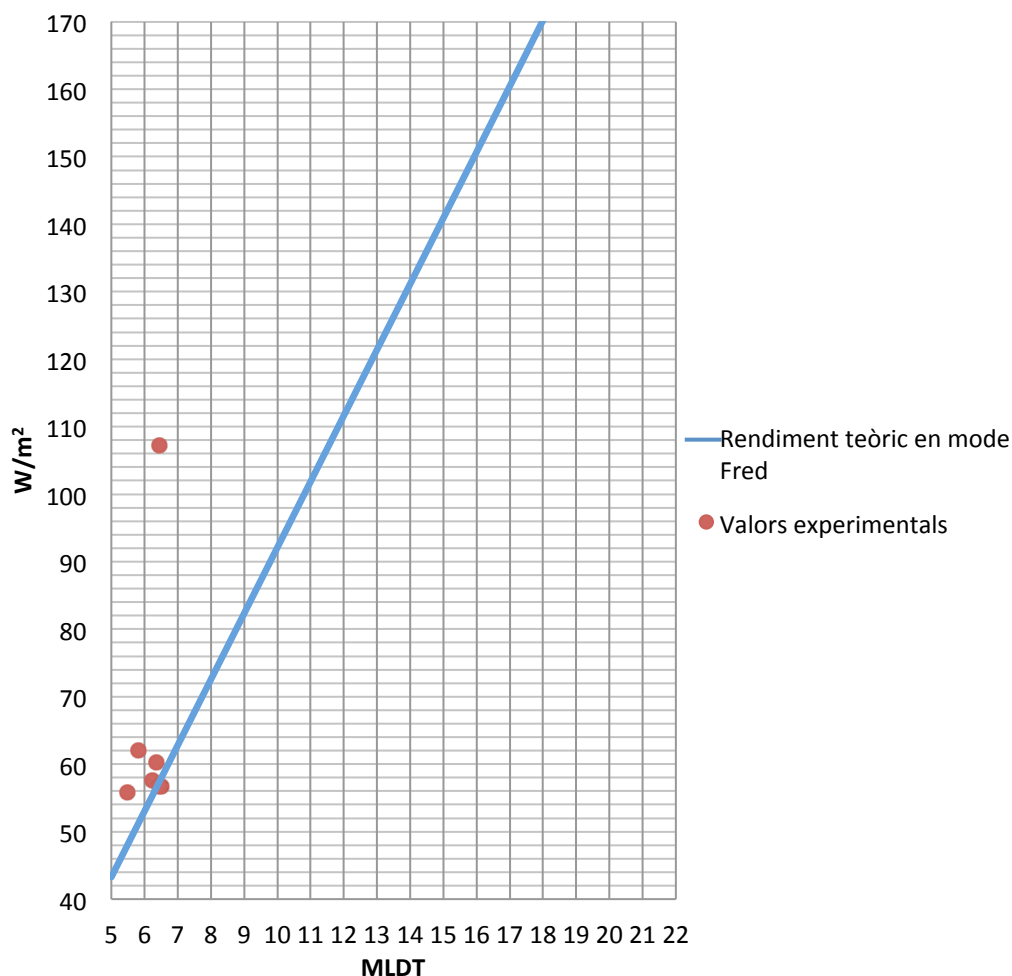


Figura 35. Corba de potència teòrica amb valors experimentals

A la Figura 35 hi ha algun punt que no és coherent amb els resultats que facilita el fabricant. Per això, s'ha decidit que aquests punts s'haurien d'eliminar del anàlisi, atribuint-se la seva desviació de la corba òptima de treball a que aquests corresponen a mesures recollides al inici del anàlisi del sostre, és a dir, a l'arrencada i per tant en aquest moment el sostre encara no havia assolit un regim pràcticament estacionari.

En aquest cas els punts anòmals són els recollits a la Taula 7.

MLDT	W/m²
1,87	36,03
6,47	107,18

Taula 7. Punts anòmals del anàlisi del sostre radiant

El primer d'aquests directament no s'ha graficat ja que es trobava fora dels intervals

contemplats pel fabricant a la seva corba. El segon punt anòmal trobat al anàlisi no s'adequa a la corba, ja que presenta una potencia per àrea útil molt alta, fet que com s'ha explicat s'atribueix a la recollida de dades sense haver assolit un regim permanent.

Per tal d'evitar noves aparicions d'aquests punts s'ha decidit deixar de prendre mesures durant els primers 15-30 minuts de funcionament del sostre, amb l'objectiu que aquest pugui assolir l'estat estacionari i aleshores poder realitzar les mesures pertinents.

Amb l'eliminació d'aquests punts on el sostre no acaba de comportar-se tal i com indica el fabricant. S'acaben obtenint els següents resultats (Figura36).

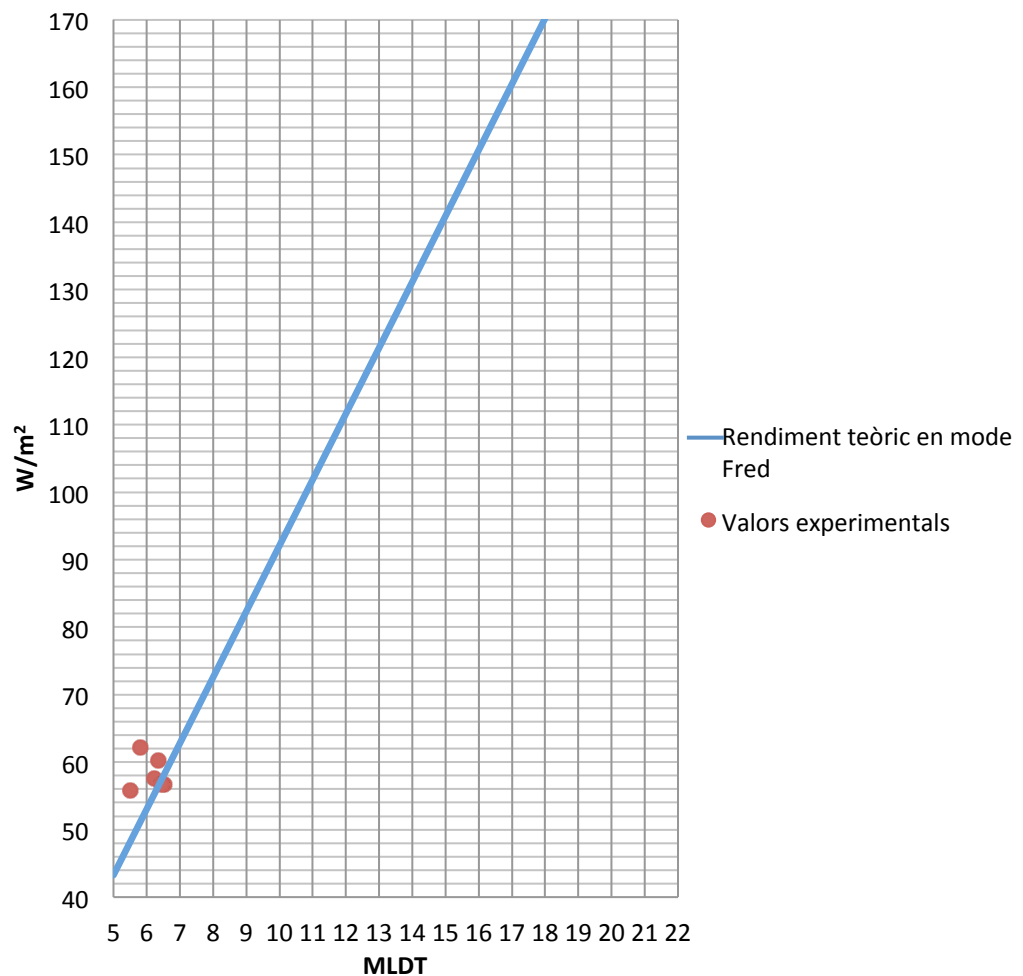


Figura 36. Corba de potència teòrica amb valors experimentals definitius

A la vista dels resultats obtinguts d'aquest gràfic definitiu, es pot observar que els punts s'assimilen bastant a la corba de potència teòrica en el mode fred, obtenint d'aquesta manera un rendiment elevat de la instal·lació.

5.3. Camp solar problemes que presenta i possibles solucions

En aquest capítol es tractaren els diferents problemes que presenta actualment el camp solar de les instal·lacions de RDmes, amb l'objectiu d'evitar-los i que serveixen de guia per a la resta d'instal·lacions que té en manteniment l'empresa.



Figura 37. Parell de col·lectors del camp solar de RDmes

5.3.1. Problemes

Un dels principals problemes que presenta el camp solar de RDmes és la pèrdua de pressió a l'interior dels diferents col·lectors. Aquesta pèrdua de pressió és deguda a fuites dels fluids interiors (aigua + propilenglicol). Observant el camp solar es poden apreciar que algunes de les vàlvules de seguretat no presenten tefló, ja que amb el pas del temps i la radiació solar aquest s'ha fet malbé, possiblement aquest sigui un dels punts de fuga del fluid.

S'observa que als matins hi han zones humides al voltant del tefló de les canonades afirmant d'aquesta manera que es produeixen fuites. Per tant, aquestes fuites es produeixen cap al vespre degut a la baixada de temperatures.

D'altra banda també s'observa que no hi ha un manteniment prioritari sobre el camp solar i que s'hi fan operacions de manteniment de tant en tant.

El fet de l'aparició d'aquestes fuites del fluid provoquen que la bomba del circuit solar continuï funcionant sense cap tipus de fluid que bombejar, propiciant a que, per aquest motiu, la bomba es cremi i s'hagi de reemplaçar per una nova, suposant una aportació econòmica elevada.

L'objectiu d'aquesta part de l'estudi és aplicar les possibles solucions trobades en les diferents instal·lacions que RDmes té en manteniment.

5.3.2. Possibles solucions

Principalment la solució del problema consistiria en reparar tots els punts de fuga que pugui presentar el camp solar, però provisionalment per motius pressupostaris i de temps s'analitzen dues vies alternatives que s'exposen en aquest apartat, que podrien prevenir la pèrdua de pressió degut a les fuites del fluid, i per tant, que la bomba s'acabi cremant.

Per tal d'evitar riscos innecessaris en el camp solar, fet que suposaria encara més una elevada aportació econòmica, es repara el tefló de les unions, tal i com s'observa a la Figura 38, amb l'objectiu de solucionar les possibles fuites que es puguin produir abans que s'arribi a una solució final.



Figura 38. Possible punt de fuga pròxim als ruixadors.

Les dues solucions possibles que es proposen són la instal·lació d'un pressòstat o bé la instal·lació d'un sistema d'emplenament automàtic. A continuació, es donen més detalls

d'ambdues solucions.

La primera solució plantejada és la instal·lació d'un pressòstat. El pressòstat també és conegut com a interruptor de pressió. És un aparell que tanca o obre un circuit depenent de la lectura de pressió d'un fluid. El fluid exerceix una pressió sobre un pistó intern fent que es mogui fins que s'uneixen dos contactes. Quan la pressió baixa, un ressort empeny el pistó en sentit contrari i els contactes es separen.



Figura 39. Pressòstat

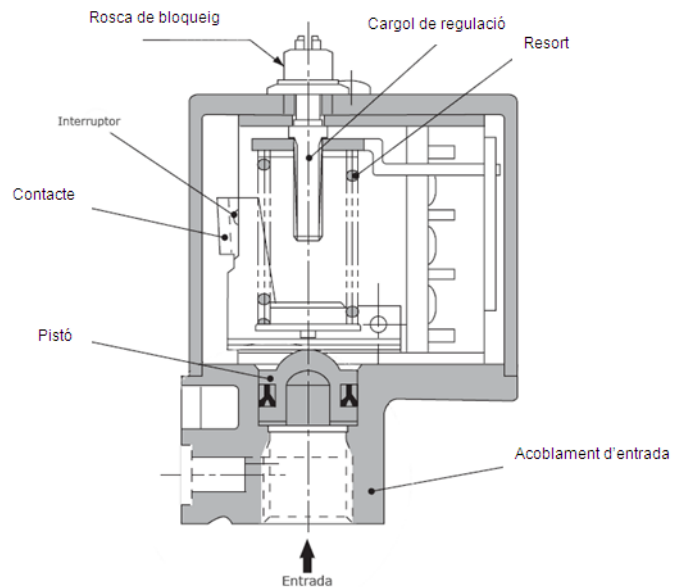


Figura 40. Diagrama d'un pressòstat

Un dels problemes principals que pot presentar en el cas del camp solar, és que els pressòstats no solen suportar temperatures elevades de treball. La seva zona de treball es troba entre $-20^{\circ}\text{C}/85^{\circ}\text{C}$, com podem observar a la fitxa tècnica, Taula 8. Per tant, suposa un problema important ja que els captadors solars poden arribar a temperatures molt elevades fent que la temperatura del fluid caloportador arribi aproximadament a uns 110°C . Fet que suposaria per al pressòstat temperatures de treball per les qual no està preparat.

Característiques tècniques: Pressòstat miniatura sèrie XP-600	
Cos	Llautó
Capsa	Tecnopolímer (PET)
Membrana	Acer Inoxidable AISI 316
Rosca a procés	Llautó ¼" Mascle BSP ISO 228/ISO7
Poder de ruptura	10(2) A-250Vac
Contacte	Commutat SPDT
Temperatura de treball	-20 a 85°C
Regulació	Mitjançant cargol
Homologació	EN60730-1 EN60730-2-6
Connexió Elèctrica	FASTONS 6.3x0.8

Taula 8. Característiques tècniques pressòstat

Per tal de solucionar aquest problema que es produeix amb les temperatures de treball, es busquen pressòstats que puguin suportar i treballar a temperatures superiors. Es troben dos models de pressòstats diferents, els quals presenten les següents propietats, Figura 41:



Figura 41. Pressòstats alternatius

Aquests dos models permeten una temperatura de treball superior al pressòstat anterior, però, probablement no siguin vàlids perquè aquesta nova temperatura que poden suportar no es troba gaire per sobre de la temperatura a la qual pot arribar a treballar el fluid, i en el cas que en algun moment el fluid sobrepassés aquesta temperatura faria malbé els pressòstats. Un altre inconvenient seria el preu d'aquests nous models, ja que dels 7€ aproximats que costen els primers es passen a uns 45-60€.

Per tant, veient el problema de la instal·lació de pressòstats, es decideix analitzar un sistema d'emplenament automàtic per solucionar aquest problema. L'objectiu d'aquest sistema és aportar fluid al circuit quan es detecti una baixada de pressió en aquest i així poder evitar el problema mencionat anteriorment. D'aquesta manera es podria actuar en properes revisions de manteniment sense trobar-se que la bomba s'hagi fet malbé per aquest tipus de problema.

La idea de connectar directament a xarxa el circuit queda descartada, ja que per normativa vigent està totalment prohibit aquest tipus d'actuació.

Pel que fa aquest sistema d'emplenament està format per diferents elements, a continuació es detallen els principals i més rellevants:

- Depòsit Polietilè (75L)
- Bomba WILO d'aigua freda
- Regulador Presscomfort
- Vàlvula reductora

Tot i que existeixen sistemes d'emplenament complets, és decideix analitzar per separat els diferents elements citats anteriorment. Amb l'objectiu de poder fer una adaptació a les nostres necessitats i fer una petita comparació econòmica.

Pel que fa aquests elements el primer de tots és el depòsit de polietilè que conté el fluid, en aquest cas aigua i propilenglicol, que ha de ser aportat al circuit solar en cas de ser detectada una baixada de pressió, s'han trobat diferents models amb capacitats de 100, 90 i 75 litres. Com que es preveu un manteniment regular de la instal·lació es considera que amb un depòsit de 75 litres hi hauria suficient per cobrir les necessitats del circuit solar en cas de fuga.



Figura 42. Depòsit polietilè

Aquest sistema també consta d'un grup de pressió format per una bomba i un regulador Presscomfort. Aquest últim és una aplicació electrònica automàtica, destinada a regular el

funcionament de la bomba elèctrica instal·lada. La funció d'aquesta unitat és controlar el inici i aturada automàtics de la bomba en obrir o tancar qualsevol aixeta o vàlvula de la instal·lació, permetent d'aquesta manera un correcte funcionament de la bomba. Per tant, és un sistema que funciona amb una pressió de referència marcada, és a dir, sinó detecta aquesta pressió estipulada no dona ordre de funcionament a la bomba.

La funció de la bomba, en aquest cas, és aportar l'aigua que prové del depòsit al circuit.



Figura 43. Grup de pressió del sistema d'emplenament

Per últim també consta d'una vàlvula reductora, la funció de la qual és mantenir una pressió constant del flux d'aigua i propilenglicol independentment de les variacions de pressió que es puguin produir al depòsit. Aquesta funció es realitza gràcies a un pilot regulador de pressió que inicia el tancament de la vàlvula quan detecta un augment de pressió aigües avall.



Figura 44. Vàlvula reductora de pressió

Un cop descrits els elements principals del sistema d'emplenament automàtic es passaria a una fase d'instal·lació d'aquest amb l'objectiu de provar de manera experimental l'eficàcia d'aquest sistema envers a la pèrdua de pressió en el circuit.

A nivell econòmic el fet de fer un muntatge personalitzat d'aquest sistema suposa un cost econòmic més elevat ja que tant sols el grup de pressió té un cost d'uns 350€, que en comparació amb el preu que presenta el sistema d'emplenament automàtic estàndard complet de 325€ aproximadament és més elevat.

Una de les coses que si que es podria intentar canviar d'aquest sistema ja muntat seria la capacitat elevada del depòsit, que en aquest cas és de 100 litres, per un depòsit amb capacitat més adaptada a les condicions del camp solar de les instal·lacions de RDmes.

Tot aquest anàlisis s'ha fet a mode de plantejar possibles solucions que podrien ser implantades en un futur. Però, actualment RDmes no es planteja implantar-ho en les seves instal·lacions.

6. Canvis i anàlisi de la instal·lació (Mode calor)

6.1. Anàlisi de canvis a realitzar

L'objectiu principal d'aquest capítol és analitzar els canvis a fer a la instal·lació per tal de que aquesta pugui treballar en mode calor, per poder realitzar posteriorment un anàlisi del sostre radiant en aquest mode de funcionament.

6.1.1. Canvis elements hidràulics

Pel que fa als canvis hidràulics en la instal·lació s'han realitzat els següents:

- Nova posició de sortida del tanc solar.
- Redistribució de les canonades.
- Instal·lació d'una clau de pas.
- Instal·lació d'una vàlvula de 3 vies.
- Instal·lació d'un vas d'expansió.

A continuació, es detallen aquesta sèrie de canvis i els principals motius pels quals han estat realitzats.

Es decideix canviar la posició de sortida del fluid del tanc solar, situat antigament a la part posterior d'aquest a uns 25 cm aproximadament de la superfície superior del tanc, per una nova posició de sortida que es troba situada tot just a la superfície superior d'aquest. Aquest canvi s'ha realitzat amb l'objectiu de que el fluid de sortida es trobés a la major temperatura possible, ja que la zona del tanc que presenta la màxima temperatura es troba a la part superior, degut que per la part inferior d'aquest entra l'aigua de recirculació de la màquina a una temperatura inferior de la entregada.



Figura 45. Nova posició de sortida del tanc solar

Un altre canvi fet a la instal·lació ha estat la nova distribució de les canonades per tal que el circuit pugui funcionar tant en mode fred com en mode calor, i així evitar tenir que fer aquesta redistribució cada cop que es vulgui canviar de mode.



Figura 46. Distribució final de les canonades

Per tal d'aconseguir que el circuit treballi per a un mode o per un altre s'ha instal·lat una clau de pas de dues posicions, entre la sortida del tanc solar i les canonades que van o bé directament al sostre o les que condueixen a la màquina d'adsorció, que permet controlar cap on es vol que el fluid sigui conduït, si a la màquina d'adsorció en el cas que es vulgui activar el mode fred, o bé directament al circuit del sostre radiant en el cas de mode calor.

Òbviament aquestes seleccions de mode també hauran d'anar acompanyades de les posteriors modificacions ha realitzar sobre els diferents elements de control de la instal·lació.



Figura 47. Clau de pas instal·lada

Un dels canvis més importants és la instal·lació d'una vàlvula de 3 vies. Depenent de la funció que es vol que compleixi, existeixen dos tipus de vàlvules de 3 vies:

- Vàlvula de 3 vies mescladora.
- Vàlvula de 3 vies diversora.

Si bé en funció de la seva ubicació en el circuit independentment una vàlvula de 3 vies mescladora pot desenvolupar una funció diversora i al contrari. Tal i com es mostra a la Figura 48.

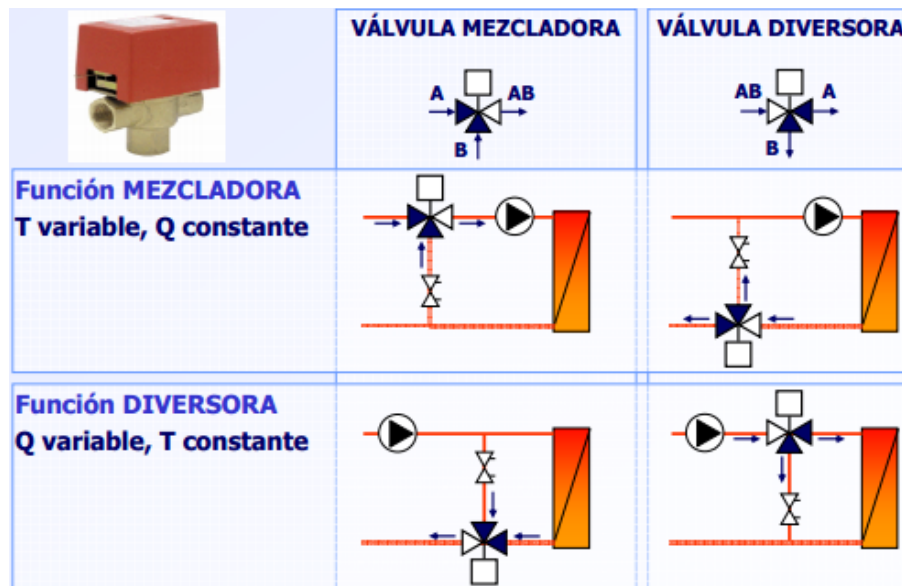


Figura 48. Tipus de vàlvules de 3 vies

Si bé el més habitual a les instal·lacions de climatització és disposar de vàlvules mescladores en funció diversora (doncs generalment moltes unitats terminals disposades en paral·lel comparteixen una mateixa bomba i es regula el cabal). En aquest cas el que es vol regular és la temperatura d'alimentació al sostre radiant, mantenint el cabal constant, i per tant s'opta per muntar la vàlvula mescladora en funció mescladora.

La funció principal d'aquestes vàlvules és mesclar dos cabals d'aigua a diferent temperatura, per tal de mantenir un desitjat en la mescla. En aquest cas l'objectiu és el d'aprofitar la temperatura de l'aigua que arriba del sostre i obtenir mitjançant la mescla amb l'aigua que prové del tanc un valor consigna de temperatura que s'ha introduït prèviament a la vàlvula. La vàlvula compensa les variacions de pressió i temperatura que puguin produir-se i regula tant l'entrada d'aigua freda com la de calenta. Aquest control sobre l'aigua freda i calenta és exercit completament per el termòstat intern i ve determinat per la posició prefixada a la vàlvula.

Les característiques principals que presenten a la sortida aquest tipus de vàlvules són :

- Cabal constant.
- Temperatura variable.

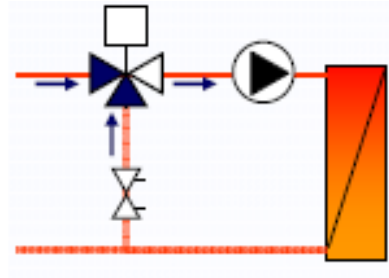


Figura 49. Esquema del principi de funcionament d'una vàlvula mescladora termostàtica.

Aquestes vàlvules acostumen a tenir una vàlvula d'equilibrat instal·lada en el by-pass, en el cas de les nostres instal·lacions actualment no hi ha cap vàlvula d'equilibrat instal·lada, això complicarà una mica a nivell intern l'acció del sistema de regulació, però no ha de suposar majors inconvenients donat que els recorreguts són relativament curts i per tant el desequilibri no serà excessiu.

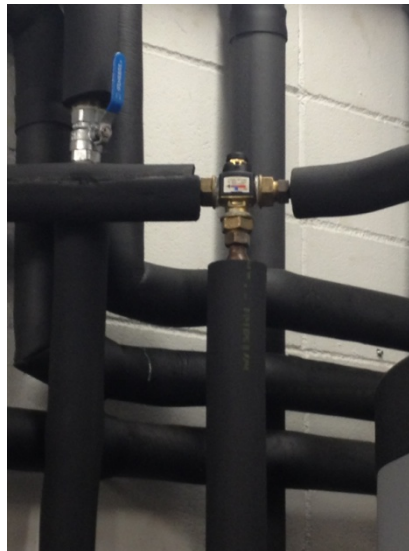


Figura 50. Vàlvula mescladora termostàtica instal·lada

Aquests tipus de vàlvules presenten certes avantatges ja que amb el principi de control automàtic de fluids es garanteix que no es produeixi cap pèrdua d'aigua o d'energia en el moment d'ajustar la temperatura al valor desitjat. També es redueix la pèrdua de calor en les canonades. D'altra banda, evita problemes de corrosió en els components del sistema, fet que implica una major durada de la vida útil de la instal·lació. Un altre avantatge significativa és que augmenta el rendiment del tanc solar.

Pel que fa al altre tipus de vàlvula de 3 vies en funció diversora, l'objectiu d'aquesta tal i com s'observa a la Figura 51, és diversificar el cabal d'entrada en dos cabals de sortida. Aquests cabals de sortida podran ser iguals o se'ls podrà prefixar un percentatge diferent per a cada via de sortida.

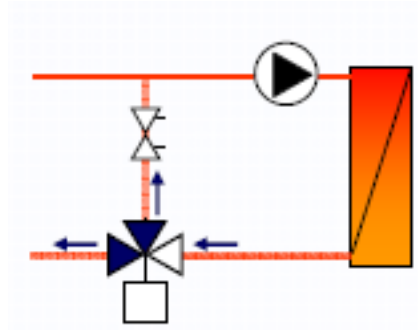


Figura 51. Esquema del principi de funcionament d'una vàlvula diversora.

Ambdós tipus de vàlvules de 3 vies especificades, poden realitzar la funció inversa, és a dir, la mescladora pot fer la funció de diversora i a l'inrevés.

Un dels paràmetres importants d'una vàlvula és el que es coneix com autoritat d'aquesta. L'autoritat d'una vàlvula es defineix com el quocient entre la pèrdua de pressió provocada per la vàlvula i la pèrdua de pressió del sistema, incloent-hi la pèrdua de pressió de la vàlvula. Tal i com s'observa en l'equació 4.

$$\alpha = \frac{\Delta P_{\text{vàlvula oberta}}}{\Delta P_{\text{vàlvula oberta}} + \Delta P_{\text{circuit}}} \quad (\text{Equació 4})$$

El valor de l'autoritat de les vàlvules de regulació ha de ser entre 0,3 i 0,5. Valors inferiors no asseguren una bona regulació, i valors superiors suposen una excessiva pèrdua de càrrega i consum innecessaris.

Com ja s'ha citat anteriorment en el cas estudiat s'instal·larà una vàlvula mescladora termostàtica.

En la Taula 9 es troben les característiques tècniques d'aquest tipus de vàlvules de l'empresa ESBE, empresa on s'ha obtingut la vàlvula instal·lada.

Característiques tècniques: Vàlvula mescladora termostàtica	
Pressió de treball	1 MPa
Pressió diferencial	0,3 MPa
Temperatura del medi	Max. 110°C (contínuament)
	Max. 120°C (temporalment)
Estabilitat de la temperatura	±4°C
Connexió	Rosca externa, ISO 228/1
	Connexió per compressió, EN 1254-2

Taula 9. Característiques tècniques vàlvula mescladora ESBE

L'empresa ESBE té disponibles diferents models de vàlvules mescladores termostàtiques, però les que es poden considerar ideals per les característiques en les que es vol treballar a la instal·lació són les de les sèries VTS520 i VTS550. Aquestes sèries poden ser utilitzades en calefacció solar, tal i com és el cas plantejat a les oficines de RDmes. La diferència entre aquestes dues sèries és que les primeres presenten un cabal asimètric i les segones un cabal simètric.

A les instal·lacions de RDmes s'ha escollit la sèrie VTS520 amb el cabal asimètric, aquest tipus de configuració presenta la connexió d'aigua calenta situada al costat de la vàlvula, front a la connexió d'aigua mesclada, la connexió d'aigua freda es situada a la part inferior. Aquest tipus de connexió ofereix una instal·lació més senzilla.

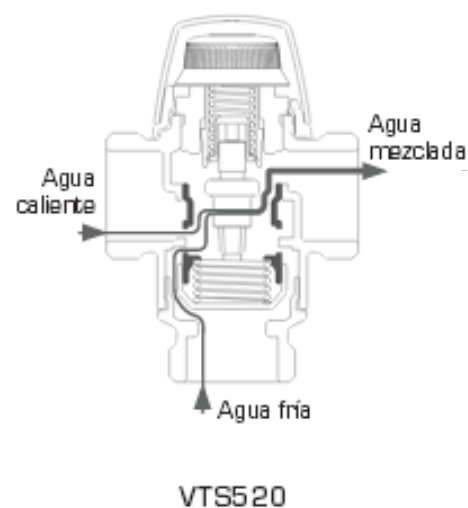


Figura 52. Vàlvula mescladora termostàtica amb cabal asimètric

De la sèrie escollida per a utilitzar es tria dels possibles models, el model que s'adeqüi més a les necessitats del circuit. Per tant, un factor important és el interval de temperatures en que la vàlvula pot treballar, Taula 10.

Serie VTS522, Rosca externa

Ref.	Referencia	Rango de temperatura °C	Kvs*	Conexión	A mm	B mm	C mm	D mm
3172 01 00	VTS522	45-65	3,2	G 1"	84	62	60	56
3172 03 00	VTS522	45-65	3,5	G 1 1/4"	84	62	60	56
3172 02 00	VTS522	50-75	3,2	G 1"	84	62	60	56
3172 04 00	VTS522	50-75	3,5	G 1 1/4"	84	62	60	56

Taula 10. Possibles models de vàlvula termostàtica

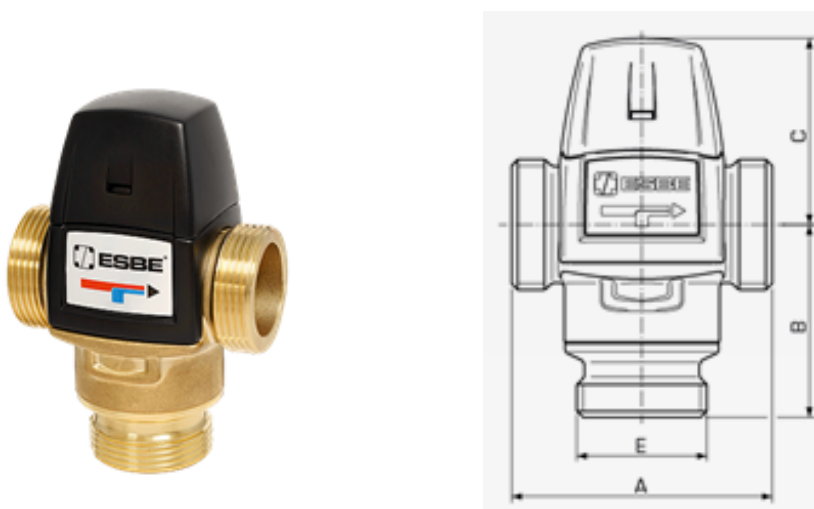


Figura 53. Vàlvula termostàtica mescladora i dimensions

De les possibles solucions, es decideix que la vàlvula adequada per ser instal·lada ha de ser la d'un interval de temperatures de 45-65°C, ja que la temperatura del aigua que circularà pel sostre radiant estarà al voltant dels 50°C i d'aquesta manera amb el retorn del sostre i l'aigua que provingui del tanc solar, la vàlvula estarà treballant en el rang de temperatures escollit.

Pel que fa al valor Kvs, s'ha escollit dels possibles oferts pel proveïdor el de valor més baix, en aquest cas de 3,2. Això ha estat per motius d'una selecció ràpida, per tal d'una ràpida adaptació del sistema.

A partir, de la documentació facilitada pel fabricant de vàlvules termostàtiques mescladores, s'obté un gràfic, veure Figura 54. On es contempla el cabal que hi circula per la vàlvula en aquest cas de 2600l/h, és a dir, 0,72 l/s i la pèrdua de càrrega associada, extraient d'aquest gràfic el valor de Kvs que ha de tenir la vàlvula, en aquest ja fixat.

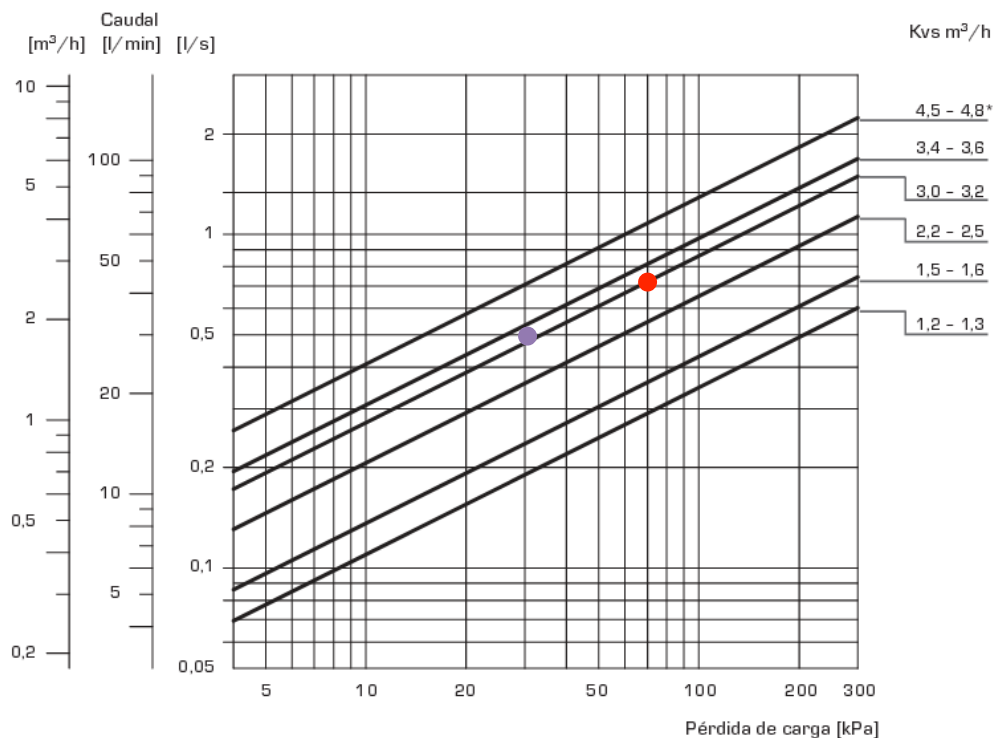


Figura 54. Diagrama de capacitat per a la selecció de vàlvules

Per tant amb les dades ja conegudes sobre la vàlvula, es situa el punt (en vermell) de treball d'aquesta en la Figura 54.

S'observa una pèrdua de càrrega associada a la vàlvula de $72 \text{ kPa} = 0,72 \text{ bar}$. Una pèrdua de càrrega considerable que afectarà de manera important en la instal·lació

En aquest punt del treball es contempla la possibilitat d'instal·lar un altra vàlvula mescladora en paral·lel a la instal·lació fet que suposaria una reducció a la meitat del cabal actual, és a dir, a uns $0,5 \text{ l/s}$ i per tant una reducció de la pèrdua de càrrega a un valor de $30 \text{ kPa} = 0,3 \text{ bar}$. Aquesta pèrdua de càrrega suposaria només un 10% de la pèrdua de càrrega total, i per tant, seria més adequada per al circuit. Aquest punt de treball d'una de les dues vàlvules en paral·lel també està situat sobre la Figura 54 en color blau.

Per a un correcte dimensionat de la vàlvula mescladora, s'haurien d'haver seguit els següents passos.

Escollit el rang de temperatures en el qual treballarà la vàlvula, s'ha de verificar quin Kvs ha de presentar aquesta. Per tal de seleccionar aquest Kvs es regula un cabal de sortida de la vàlvula. Per regular aquest cabal s'utilitza el cabalímetre d'ultrasons Fluxus, de *Flexim®*. Amb un parell de mesures per tal de verificar el resultat, s'ha obtingut un cabal de 2600 l/h , és a dir $0,72 \text{ l/s}$. D'altra banda, es mesura la pèrdua de càrrega de la vàlvula.

Per tal de mesurar aquesta pèrdua de càrrega s'ha utilitzat el gràfic de la Figura 55. En aquest gràfic només cal introduir el cabal que hi circula per la canonada, 2600 l/h, i el diàmetre nominal d'aquesta, 28 mm. D'aquesta manera s'obté la pèrdua de càrrega per a un metre de longitud de canonada en mil·límetres de columna d'aigua. Per un metre de canonada tenim una pèrdua de càrrega de 80 mm c.a., és a dir, 0,0079 bar/m.

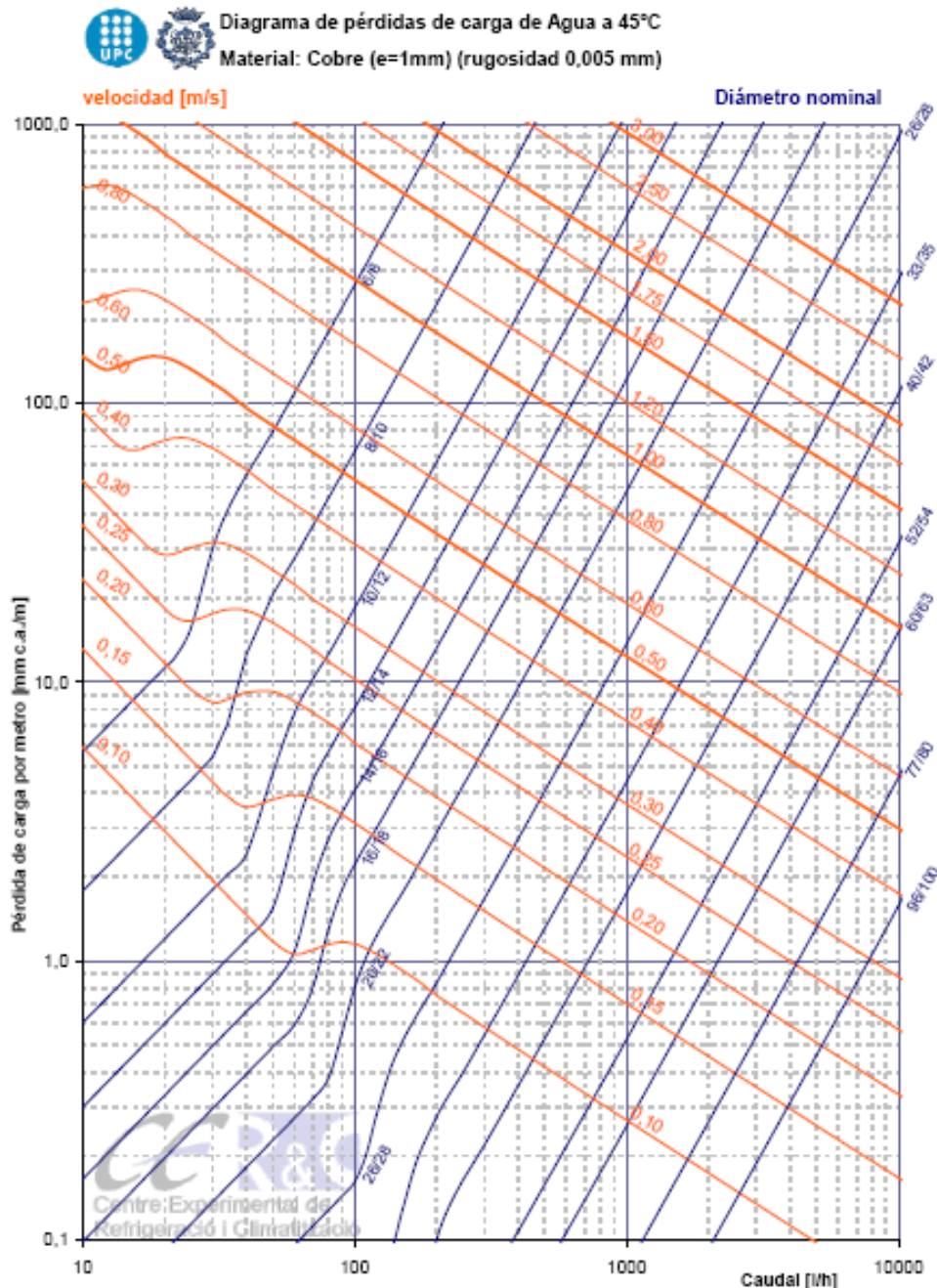


Figura 55. Diagrama de pèrdues de càrrega d'aigua

Per tant, com en el cas estudiat es tenen 4 metres de canonada serien $0,0079 \times 4 = 0,0316$ bar, i tenint en compte les pèrdues singulars de colzes i altres elements, s'estima un

valor de pèrdua de càrrega entre 0,05 i 0,06 bar.

Per tant, la pèrdua de càrrega d'aquest circuit és molt petita 0,06 bar i sembla que la pèrdua de càrrega de la vàlvula escollida 0,72 bar és massa elevada i tindrà massa autoritat amb la qual cosa haurà de treballar sempre pràcticament oberta (que a efectes pràctics és com una vàlvula de tancament ràpid). En tenir massa autoritat incrementarà el consum una mica.

Un altre inconvenient que s'ha afrontat, és que la instal·lació estava preparada per ser utilitzada en mode fred. Amb el canvi a mode calor s'ha tingut que afegir un vas d'expansió al circuit per solucionar els problemes de dilatació que presenta treballant a temperatures més elevades respecte per les que estava preparat el circuit. La funció d'un vas d'expansió és absorbir l'augment de volum que es produeix en expandir-se, per escalfament, el fluid portador de calor que conté el circuit.



Figura 56. Vas d'expansió per solucionar el problema de dilatació

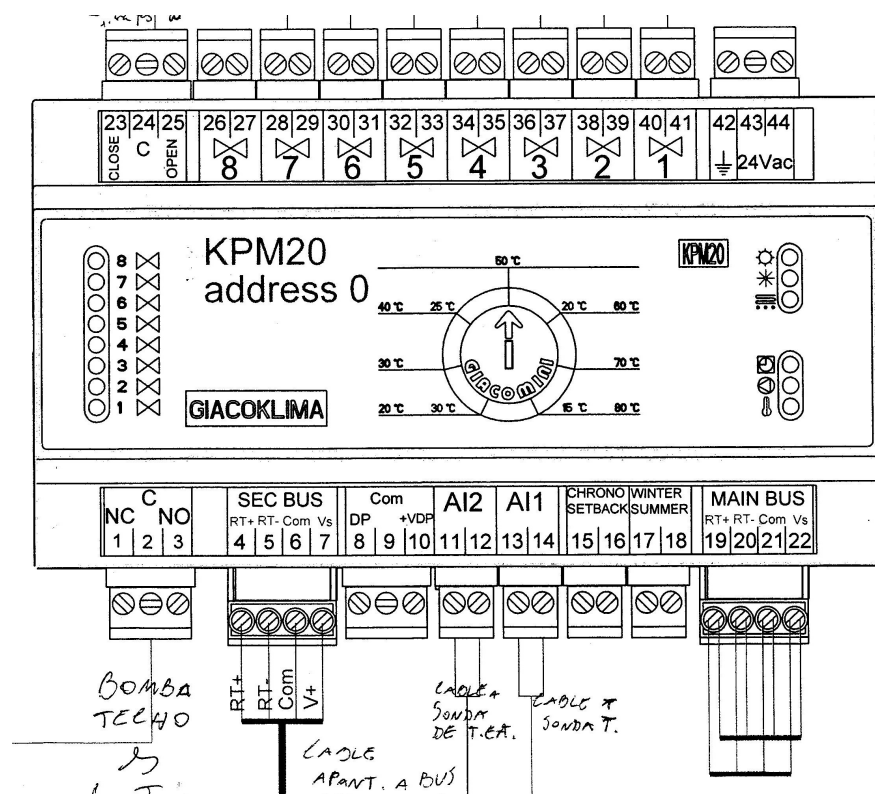
6.1.2. Canvis elements de control

Els elements de control de la instal·lació que han de ser reconfigurats pel nou mode de funcionament, bàsicament són aquests tres:

- KPM20 (mòdul de regulació de GIACOKLIMA).
- Els termòstats K481 (Giacomini).
- Vàlvula mescladora termostàtica.

En relació al mòdul KPM20 com es va explicar al capítol 4.5.3 *Control del sostre radiant*, aquest mòdul permet principalment controlar el mode de treball del sostre radiant, bé sigui mode fred o mode calor. Com que en aquest cas s'està adaptant la instal·lació al mode calor, l'objectiu es realitzar tots els canvis necessaris per un correcte funcionament del sostre.

Tal i com es pot observar a la Figura 57, aquest mòdul consta de diferents connexions. Però bàsicament per l'adaptació al mode hivern/calor, es necessari actuar sobre les connexions 17 i 18 d'aquesta figura.



KPM-20

Figura 57. Connexionat del mòdul KPM20

Entre les connexions 17 i 18, es posa un interruptor per activar els diferents modes de funcionament de la instal·lació, és a dir, en cas que l'interruptor estigui connectat la instal·lació estarà funcionant en mode calor, en cas contrari funcionarà en mode fred. Aquestes connexions suposaran una adaptació d'aquest mòdul de control, que també afectarà sobre els termòstats. Un dels elements que ens indicarà aquesta correcta adaptació serà un led encès al costat del mode escollit.

Sobre aquest mòdul de control també cal situar la rodeta central en les temperatures de treball del sastre segons en quin mode estigui. Aquests valors serveixen per fixar un valor mínim i màxim de treball del sastre, en cas que aquests siguin superats s'activaria un senyal d'alarma en el mòdul.

Pel que fa els termòstats, automàticament es canvia el mode de funcionament un cop realitzades totes les modificacions sobre el mòdul de regulació i control KPM20.



Figura 58. Termòstat K481, unitat de control de temperatura

L'últim element de control que hi ha al sistema és la vàlvula mescladora termostàtica, de la qual ja s'ha parlat en els canvis hidràulics. Aquesta, a banda de ser un element hidràulic, no deixa de ser un element de regulació i control ja que com s'ha explicat la vàlvula compensa les variacions de pressió i temperatura que puguin produir-se i regula tant l'entrada d'aigua freda com la de calenta. Aquest control sobre l'aigua freda i calenta és exercit completament per el termòstat intern i ve determinat per la posició prefixada a la vàlvula, en el cas d'aquesta instal·lació a 55°C.

6.2. Anàlisi funcional del sastre radiant (mode calor)

Amb els diferents canvis a la instal·lació es realitza un anàlisi funcional del sastre radiant per observar el seu comportament en mode calor.

Com hem vist anteriorment, en el anàlisi del sastre en mode fred, també es disposa de la corba de potència teòrica radiant del sastre en mode calefacció (Figura 34).

En aquest anàlisi s'ha procedit idènticament com en el cas de mode fred, realitzant una recollida de dades i fent els càlculs pertinents per poder graficar els valors experimentals i comparar-los d'aquesta manera amb els valors teòrics facilitats pel fabricant.

6.2.1. Recollida i tractament de dades

En aquest punt s'ha procedit com en la recollida i tractament de dades del sostre radiant en mode fred, és a dir, es recullen les diferents temperatures amb el termòmetre de 4 canals. En aquest cas també es mesura el cabal d'entrada al sostre radiant, per saber com ha variat respecte al mode fred.

Pel que fa a la recollida de temperatures amb el termòmetre de 4 canals es col·loquen els 4 sensors de la següent manera. El primer sensor de temperatura es col·loca a la canonada d'entrada al sostre radiant. El segon sensor es situa a la sortida del sostre radiant abans de ser reconduït a la vàlvula mescladora termostàtica. En canvi els sensors 3 i 4, com ja va passar al anàlisi en mode fred del sostre, es posicionen al sobresostre de la sala i a l'interior de la sala.

Es mesura el cabal d'entrada al sostre radiant abans de començar el anàlisi funcional, amb el cabalímetre d'ultrasons Fluxus, de Flexim®. S'obtenen uns valors oscil·lants entre 3000-4000l/h.

Per tal d'evitar que es produeixi aquest fet, que pot influir sobre els resultats finals, es decideix imposar unes condicions de temperatura al tanc solar d'uns 40°C, mitjançant l'ús d'una de les dues resistències, és a dir, aportant 6kW de potència al tanc. D'aquesta manera, la vàlvula deixa d'actuar i el cabal d'entrada al sostre s'estabilitza en 2600l/h.



Figura 59. Condició de temperatura fixada al tanc solar

Amb l'objectiu d'un correcte tractament de les dades i per evitar valors anòmals, s'han ponderat els valors mitjans en intervals de 15 minuts, és a dir, de cada interval de 15 minuts s'ha fet la mitjana del valor de les temperatures recollides, i amb aquest valor s'ha fet tot el anàlisi funcional.

Un altre punt a tenir en compte en aquesta recollida de dades, és que el sostre ha de

treballar en règim estacionari a fi de que aquest s'estabilitzi i les dades recollides siguin vàlides per al posterior anàlisi. Per tant, s'ha activat aquest 30 minuts abans de la recollida de dades.

6.2.2. Anàlisi funcional

De manera anàloga al anàlisi funcional en mode fred l'objectiu principal d'aquest punt és fer una comparativa de les dades donades pel fabricant i les obtingudes experimental intentant reproduir la mateixa gràfica que s'ha facilitat per part del fabricant.

Es segueixen els mateixos passos que en el mode fred amb algunes petites variacions, que s'expliquen a continuació.

En aquest cas MLDT canvia l'expressió del seu numerador, ja que en mode calefacció la temperatura d'impuls té un valor superior a la de retorn, fet que suposaria un MLDT negatiu, cosa totalment impossible en el cas estudiat. Per tant, la seva expressió queda de la següent manera, Equació 5.

$$MLDT = \frac{T_{imp} - T_{ret}}{\ln\left(\frac{T_{amb} - T_{imp}}{T_{amb} - T_{ret}}\right)} \quad (\text{Equació 5})$$

On, T_{ret} és la temperatura de retorn del fluid després de passar pel sostre radiant; T_{imp} la temperatura d'impulsió del fluid al sostre refrigerant i T_{amb} la temperatura ambient a la sala.

L'àrea total útil del sostre de les oficines continua essent de 46,46 m². Tot considerant les conclusions extretes en el anàlisi en mode fred del sostre.

El cabal considerat per aquest anàlisi funcional del sostre en mode calefacció, és de 2600l/h com s'ha explicat en l'apartat anterior arran de les condicions fixades al circuit.

Per tant, amb els càlculs pertinents, citats en el anàlisi funcional en mode fred i aplicant les variacions comentades. Es recullen les dades experimentals del sostre treballant en mode calefacció, tal i com mostra la Taula 11.

MLDT	W/m ²
19,49	139,86
19,16	162,63
19,90	159,37
20,28	155,47

20,24	154,17
19,93	152,87
19,80	151,57
19,78	152,87

Taula 11. Dades experimental sostre radiant mode calefacció

Amb l'objectiu d'observar on es troben els punts de treball del sostre radiant en mode calefacció es grafiquen els punts anteriors a sobre la corba de potència teòrica en mode calefacció d'aquest (Figura 60).

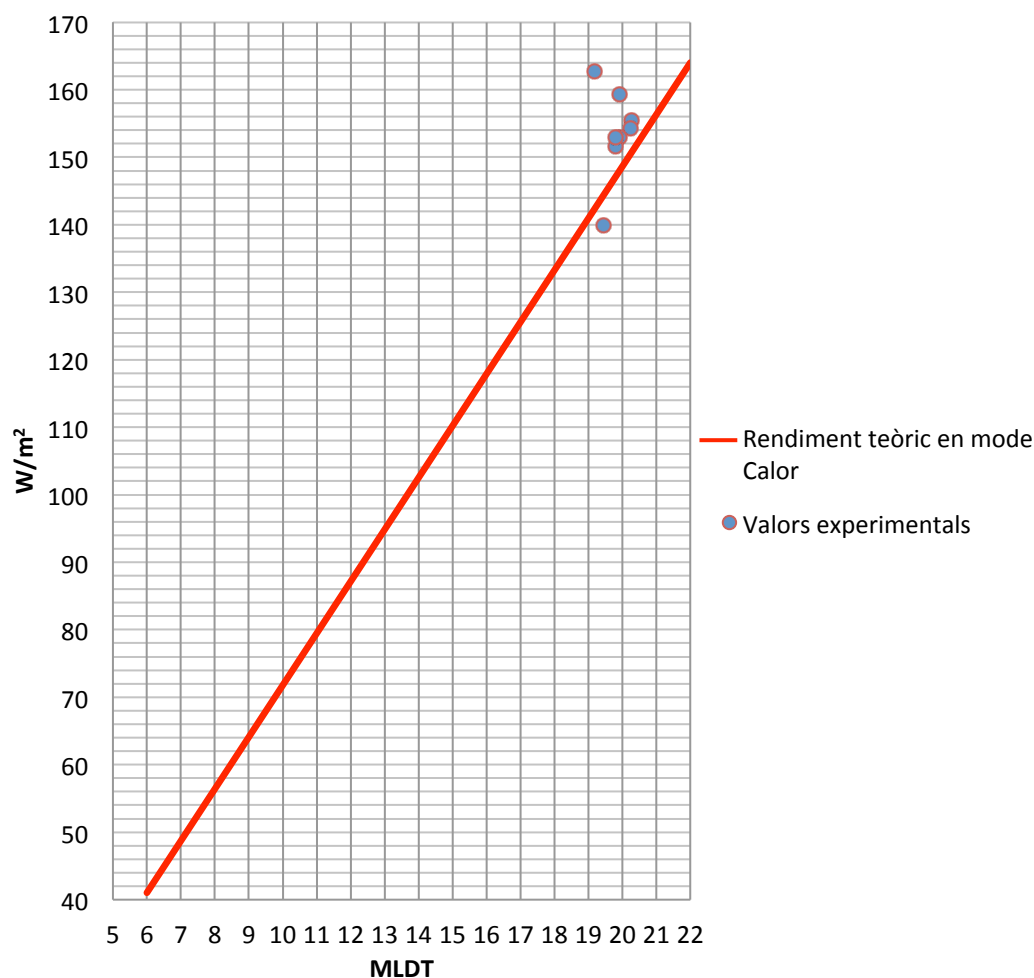


Figura 60. Corba de potència teòrica amb valors experimentals

En aquest cas no s'observa cap punt incoherent en el anàlisis, degut a que tot el anàlisis s'ha fet en un règim estacionari, ja que s'ha fet funcionar el sostre radiant durant uns 30 minuts aproximadament abans de començar tota la recollida de dades, tal i com s'ha

especificat en el tractament de dades.

Per tant, a la vista dels resultats obtinguts es pot considerar aquest gràfic com a definitiu. Dels punts recollits es pot observar que aquests s'assimilen bastant a la corba de potència teòrica en el mode calor, obtenint d'aquesta manera un rendiment elevat de la instal·lació.

Tots aquests punts es troben situats sobre la mateixa zona del gràfic, pel fet que s'han imposat unes condicions de temperatura en el tanc solar prèvies al anàlisi.

Conclusions

Per acabar es pot concloure que s'han assolit els objectius marcats al principi d'aquest projecte.

S'han descrit els diferents elements del sistema i aportat informació complementària a la facilitada pel fabricant per tal de acabar d'entendre el correcte funcionament tant de la màquina d'adsorció, com del sostre i com del camp solar.

Pel que fa referència a la màquina d'adsorció s'ha aconseguit que la potència de fred d'aquesta sigui d'uns 7kW, aplicant-hi les condicions de temperatura necessàries. El fet que els cicles de funcionament, experimentalment, siguin més curts que els que s'esperaven obtenir, és degut a que les condicions de treball de la màquina no són les adequades per les altes temperatures exteriors i l'elevada potència requerida per mantenir les cambres climatitzades a la temperatura desitjada.

Els valors de COP de la màquina depenen de les condicions de treball del sistema, tot i que aquestes s'han fixat en alguns casos mitjançant l'ús de les resistències del tanc solar, no s'han acabat d'assolir tots els punt de treball de la màquina, novament aquest fet està provocat per les altes temperatures exteriors que fan que el circuit del recooler no acabi de fer correctament la seva funció i que s'ha evitat treballar a temperatures elevades per evitar possibles danys irreversibles en alguns elements del circuit.

En referència al sostre radiant, en el dos modes de treball possibles, fred o calor. Els punt experimentals graficats sobre la corba de potència radiant han estat molt similars als valors teòrics del fabricant. En aquest punt l'ús de les resistències ha permès modelitzar i adaptar les condicions necessàries per obtenir aquests valors.

El fet de adaptar la instal·lació a mode calor, ha suposat diversos canvis en el circuit. La majoria d'aquests canvis hidràulics i de control han respòs correctament al que s'esperava.

La vàlvula mescladora termostàtica ha estat un dels elements hidràulics que ha presentat certs problemes en el circuit, com ara una pèrdua de càrrega elevada. Per tal d'evitar aquest problema s'ha plantejat la idea d'instal·lar una altra vàlvula de les mateixes prestacions en paral·lel i d'aquesta manera el valor de pèrdua de càrrega es veuria reduït i no influiria negativament en el sistema.

Un dels problemes del que no s'ha trobat solució ha estat el cabal variable que presenta la instal·lació quan s'ha adaptat el circuit a mode calor. Per tal d'extreure les dades es va decidir treballar en unes condicions determinades de temperatura per inhabilitar la funció de la vàlvula mescladora, tot i que no es pot afirmar que aquesta sigui la causa del problema.

Per últim en l'estudi del camp solar es van trobar fuites del fluid interior en els purgadors del camp solar, per pal·liar aquest problema s'ha fet el manteniment d'aquesta part de la instal·lació posant-hi tefló en les zones detectades, ja que aquest amb la radiació solar s'ha anat fent malbé.

Com ja s'ha comentat en el projecte s'han analitzat possibles solucions a aquestes fuites del fluid que provoquen que hi hagi una pèrdua de pressió i d'aquesta manera propicien a que les bombes s'acabin cremant.

De les dos possibles solucions analitzades s'ha contemplat la possibilitat d'instal·lar pressòstats al camp solar per evitar aquestes pèrdues de pressió, però aquesta opció s'ha descarta per l'acció econòmica que caldria fer.

D'altra banda s'ha analitzat la instal·lació d'un sistema d'emplenament automàtic, s'ha decidit seleccionar per separat les diferents parts d'aquest, per veure si el cost era més reduït que obtenint directament un sistema d'emplenament muntat. S'ha vist que l'aportació econòmica per separat era més elevada, per tant, s'ha eliminat la idea i s'ha decidit que la millor opció seria la d'instal·lar aquest sistema directament amb totes les seves parts.

Un dels elements que s'ha decidit variar en aquest sistema, és la capacitat del dipòsit de polietilè que conté l'aigua que s'utilitzarà per emplenar el circuit, per un de dimensions més reduïdes ja que es preveu que en cas de mostrar-se el problema s'actui ràpidament.

Aquestes solucions plantejades són solucions proposades per a un futur ja que actualment per motius econòmics no es poden dur a terme.

Agraïments

M'agradaria agrair en primer lloc la dedicació i ajuda del meu tutor a l'empresa RDmes, Jordi Cadafalch Rabasa i al meu tutor del TFG, Rafael Ruiz Mansilla per posar-me en contacte amb aquesta empresa i donar-me l'oportunitat de realitzar el treball en un camp el qual hem despertava curiositat.

També voldria agrair el suport i interès mostrat pel meu pare, José Luís Vaz, i els meus familiars més propers, en especial a les meves dues àvies Luisa Rodríguez i Antonia Domènech, durant tota la realització del TFG. També a la meva parella, Marta Valls, per fer que els moments difícils fossin més fàcils i per ajudar-me quan ha fet falta.

Per últim agrair als diferents membres de RDmes, per ajudar-me i explicar-me coses que fins al moment desconeixia sobre el camp de l'energia solar i les seves aplicacions.

Sense el recolzament i ajuda de tots ells hagués estat molt complicat tirar endavant aquest projecte.

Moltes gràcies a tots.

Bibliografia

La bibliografia consultada en aquest projecte ha estat menor del que hauria de ser ja que les diferents consultes ha realitzar s'han solucionat mitjançant reunions amb personal especialitzat de RDmes.

Les consultes bibliogràfiques s'han diferenciat en 2 tipus. Primer referències bibliogràfiques, que han ajudat a confeccionar la memòria d'una forma més directa i després bibliografia complementària que ha ajudat indirectament a entendre processos, trobar solucions o realitzar càlculs.

Referències bibliogràfiques

- [1] ACS08, SorTech. Design Manual, versió 1.9, Octubre 2008.
- [2] ACS08, SorTech. Instruction and Installation Manual, versió 1.9, Juliol 2009.
- [3] Datalogger DL2, RESOL. Manual d'instal·lació i configuració. Octubre 2009.
- [4] WMZ G1, SorTech. Technical Description. Novembre 2009.
- [5] Unitat de Control de Sistemes UCS-4, Modulo Solar. Manual d'instal·lació i operació, Juny 2008.
- [6] KPM20 Regualtion Module, Giacomini. Descripció i característiques principals, Juliol 2007.
- [7] K481 Termòstat Digital, Giacomini. Descripció i característiques principals, Abril 2006.
- [8] FLEXIM®. Cabalímetres ultrasònics, Fluxus F-601, Fitxa Técnica [http://www.flexim.com/es/fluxus-f601, 12 de Novembre de 2014].
- [9] ACS Service Kit, SorTech, Instruction Manual, versió 1.0, Juliol 2009.
- [10] SALVADOR ESCODA S.A. *Tarifa de precios Calefacción-Agua. Abril 2014.* Capítol: Control i Regulació p.C-82.
- [11] SALVADOR ESCODA S.A. *Tarifa de precios Calefacción-Agua. Abril 2014.* Capítol: Energia Solar Tèrmica p.M-27.

- [12] Sostre Radiant, Giacomini. Fitxa tècnica i informació complementària del sostre radiant. [http://old.giacomini.com/export/sites/default/es/download_gallery/pdf_catalogo_doc_te_c_spagna/techo_radiante/K6A_0343.pdf, 5 de Setembre de 2014].
- [13] Vàlvula mescladora termostàtica, ESBE. Fitxa tècnica i informació complementària [<http://www.esbe.eu/es-es/productos/valvulas-mezcladoras-termostaticas/vts520>, 25 de Novembre de 2014].

Bibliografia complementària

- 1- HANS-MARTIN HENNING, *Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings*, Springer-Verlag/Wien, 2004.
- 2- ACS08, SorTech. Informació [<http://www.sortech.de>, 30 de Juliol de 2014].
- 3- Enciclopèdia Catalana [<http://www.enciclopedia.cat>, Juliol 2014 a Gener 2015].
- 4- WordReference [<http://www.wordreference.com/es>, Juliol 2014 a Gener 2015].
- 5- Sessions mètode F-Chart a càrrec del professor Rafael Ruiz Mansilla, Octubre del 2014.
- 6- RUIZ MANSILLA, R. Apunts sessions mètode F-Chart.
- 7- DUFFIE & BECKMAN, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4^aedició, New Jersey, 2013.
- 8- Wikipedia. [<http://www.wikipedia.org>, Juliol 2014 a Gener 2015].
- 9- Microsoft Office Excel. Pagina web d'ajuda per l'ús del programa. [<http://office.microsoft.com/es-es/microsoft-excel-software-de-hoja-de-calculo-FX010048762.aspx>, Juliol 2014 a Gener de 2015].
- 10- UPC. “*Pautes de confecció del TFG*”. Fitxer en línea. [http://www.etseib.upc.edu/docs/_Informaci_Acadmica/_SIAE_Secretaria_Virtual/Manuals/Pautes_TFG-TFM.pdf, Juliol 2014 a Gener de 2015].
- 11- UPC. “*Normativa del TFG*”. Desembre de 2013. Fitxer en línea. Disponible en: [http://www.etseib.upc.edu/docs/_Informaci_Acadmica/_SIAE_Secretaria_Virtual/Normatives/Normativa_TFG_JE_05-12-2013_i_Pautes_Avaluaci_revisat.pdf, Juliol 2014 a Gener de 2015].